

УДК 622.234

Н.О. ХОМИЧ

*Дніпродзержинський державний технічний університет
м. Дніпродзержинськ, Дніпропетровська обл., Україна*

**ВИЛУГОВУВАННЯ МЕТАЛІВ ІЗ ХВОСТОСХОВИЩ, ЯКІ МІСТЯТЬ ВІДХОДИ
ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ, МІКРОБІОЛОГІЧНИМ МЕТОДОМ**

Сьогодні в Україні неперервно зростають обсяги відходів гірничодобувної галузі. Їх накопичення у шламо- та хвостосховищах призводить до забруднення поверхневих та підземних вод, повітря, ґрунтів і становить екологічну загрозу для населення.

Ключові слова: хвостосховища, відходи, вилуговування металів, збагачення руд. біогеотехнологія, сульфатредуючі бактерії.

Н.О. ХОМИЧ

**ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ МЕТАЛЛОВ ИЗ ХВОСТОХРАНИЛИЩ,
СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДЫ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ,
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Сегодня в Украине непрерывно растут объемы отходов горнодобывающей отрасли. Их накопление в шламо- и хвостохранилищах приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, воздуха, почв и является экологической угрозой для населения.

Ключевые слова: хвостохранилища, отходы, выщелачивание металлов, обогащение руд. биотехнология, сульфатредуцирующие бактерии.

N. KHOMICH

**LEACHING METALS FROM TAILINGS, CONTAINING WASTE MINING
COMPANIES, BY MICROBIOLOGICAL METHOD**

Today in Ukraine steadily growing volume of waste mining industry. Their accumulation in the slud and tailing results topollution of surface and groundwater, air, soil and is an environmental threat to the population.

Keywords: tailings, waste, leaching of metals, ore enrichment, bioheotehnology, sulfate-reducing bacteria.

Вступ

Хімічна небезпека в Україні пов'язана із наявністю об'єктів, що використовують небезпечні хімічні речовини, із забрудненням довкілля та утворенням відходів. Головними причинами виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із небезпечними хімічними речовинами та незадовільною екологічною ситуацією, залишаються: зношення основних фондів підприємств, застарілі і недосконалі технології виробництва, що призводить до накопичення значних обсягів відходів; експлуатація складів, полігонів твердих та токсичних відходів з порушенням вимог чинного природоохоронного законодавства; недосконала нормативно-правова база галузі тощо.

Абсолютна більшість підприємств усіх галузей промисловості працює на технічно застарілому обладнанні, споживаючи велику кількість природних ресурсів, у тому числі мінеральної сировини, виробництво супроводжується утворенням великої кількості відходів і побічних продуктів, які не утилізуються, складуються у відвалах, хвостосховищах.

Загальний обсяг відходів на цей час становить понад в 35 млрд. тонн. Обсяг їх щорічного утворення сягає 780-800 млн. тонн. Переважну їх частку (понад 75%) становлять промислові відходи - розкривні супутні породи, шлами - продукти збагачення корисних копалин, металургійні шлаки тощо. Найбільша їх кількість утворюється на підприємствах гірничо-

металургійної, хімічної промисловості та енергетики[1].

Загальна площа сховищ виробничих відходів в Україні перевищує 30 тисяч гектарів. Із загальної кількості хвостосховищ — 70% (154) належать до вугільної промисловості, 19% (42) — підприємствам металургійної і хімічної промисловості, 11 % — підприємствам будівельної індустрії.

За результатами господарської діяльності гірничорудних підприємств станом на 2011 рік, у хвостосховищах накопичено понад 2,6 млрд. тонн відходів збагачування, 250 млн. тонн шлаків, серед них 30 млн. тонн шлаків, які є цінними вторинними матеріальними ресурсами. Рівень переробки відходів гірничо-металургійної галузі сягає 35-40 %, однак майже повністю переробляються лише залізозмісні шлами.

Результати виробничої діяльності гірничо-хімічних підприємств призвели до значної деградації довкілля України, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, повітря і земель, нагромадження відходів виробництва. Крім того, більшість цих об'єктів становлять екологічну небезпеку для людей, проживаючих у зоні їх колишньої діяльності. Зволікання з усуненням наявних ризиків становить реальну загрозу техногенних катастроф та надзвичайних ситуацій, унеможливлення проживання населення на цих та прилеглих територіях.

Завдання та мета дослідження

Зараз чітко виокремлюються два основних напрямки використання мінеральної сировини. Перший напрямок полягає у підвищенні ступеня використання природних ресурсів існуючих і нових підприємств. Другий - у створенні безвідходних і маловідходних виробництв, пов'язаних з технологіями, спрямованими на максимальну утилізацію відходів.

З огляду на роль відвалів і хвостосховищ як екологічних і мінерально-сировинних чинників протягом останніх років проводиться їх активне дослідження. Накопичені технологічні відходи є потенційною великою тоннажною сировиною. Постійно з'являються нові технології, що дозволяють краще розділяти компоненти відходів для подальшої їх ефективної переробки. Промисловість ставить нові вимоги до сировини, до того ж, відомі джерела мінералів збіднюються і виснажуються. Це викликає необхідність розробки «вторинних родовищ» з метою отримання рідкісних елементів та іншої цінної сировини.

Добування корисних копалин відкритим способом супроводжується видачею на поверхню землі розкритих порід. Далі, в процесі переробки (збагачення) рудомісткої маси, відокремлюють відходи з малим відсотком необхідного мінералу. На всіх гірничо-збагачувальних комбінатах способи збагачення руд принципово однакові і полягають у тому, щоб за допомогою магнітної сепарації з послідовно подрібнюваної руди видалити породу, отримавши, таким чином, руду з максимальним відсотком заліза чи іншого мінералу. Після збагачення залізних руд на збагачувальних фабриках отримують основний продукт - концентрат і побічний - відходи збагачення. Ці відходи складають 45- 50% загального обсягу сирової руди, яка переробляється і в процесі вдосконалення технології збагачення відбуватиметься зміна їх зернового складу.[2]

Хвостосховища містять мінеральні речовини у подрібненому стані. Значна частина мінеральних часток знаходиться у розкритому (мономінеральному) стані. Їх вміст у відходах збагачення окремих ділянок хвостосховищ досягає значень, характерних для рудних покладів первинних руд, які розробляються гірничозбагачувальними комбінатами. Таким чином, у межах хвостосховищ існують значні за об'ємом техногенні поклади комплексної мінеральної сировини, яка потребує збагачення різними методами з метою вилучення з неї декількох різновидів металевих і неметалевих корисних копалин.

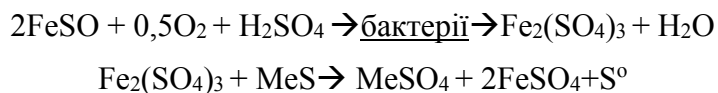
Деякі мінерали мають дуже високий рівень енергії кристалічних решіток і піддаються

хімічному вилуговуванню. Завданнями, на вирішення яких спрямовано дослідження, є збільшення вилучення мінералів з техногенних відходів, зниження витрати хімічних реагентів, підвищення екологічності процесу вилуговування і переробки видобутих металів.

Результати дослідження

Для інтенсифікації процесу вилуговування металів застосовують мікробіологічне вилуговування – один з напрямків біогеотехнології, заснований на вибіркового вилученні хімічних елементів з багатокомпонентних сполук за допомогою їх розчинення мікроорганізмами у водному середовищі. Бактеріальне вилуговування можна використовувати привсіх способах вилуговування, не пов'язаних з підвищеним тиском і температурою. Бактеріальне вилуговування поєднується з вилуговуванням слабкими розчинами сірчаної кислоти бактеріального хімічного походження, а також розчинами, що містять органічні кислоти, білки, пептиди, полісахариди т.д.

Здатністю переводити метали в розчинні сполуки володіють різні бактерії. Проте найбільш широко для бактеріального вилуговування застосовують сульфатредукуючі бактерії: *Thiobacillus ferrooxidans*, здатні окисляти сульфідні мінерали і закисне залізо до окисного (так звані залізобактерії), і *Th. thiooxidans* (так звані сіркобактерії) тощо. Використання в процесі мікробіологічного вилуговування суспензії бактерій *Th. ferrooxidans*, *Th. thiooxidans* дозволяє скоротити час і збільшити ефективність процесу вилуговування металів. Оптимальна температура для розвитку іонових бактерій 25-35°C, рН від 2 до 4. Вони є хемоавтотрофами, тобто єдиним джерелом енергії для їх життєдіяльності є процес окислення закисного заліза, сульфідів різних металів і елементарної сірки. Ця енергія витрачається на засвоєння вуглекислоти, що виділяється з атмосфери або, в даному випадку, з руди. *Th. ferrooxidans* окислюють сульфідні мінерали до сульфатів прямим і непрямим шляхом (коли мікроорганізми окислюють сірчанокисле залізо до окисного, що є сильним окислювачем і розчинником сульфідів) [3]:



Використання *Th. ferrooxidans* дозволяє вилуговувати залізо, мідь, цинк, уран та інші метали. Найважливішим фактором – швидка регенерація сірчанокислого окисного залізатіоновими бактеріями, що в деяких випадках прискорює процеси окислення і вилуговування. На можливість використання сульфатредукуючих бактерій в утворенні вторинних сульфідів у родовищах вказує також їх значне поширення у природі.

Існуючі сховища відходів мінеральної сировини представляють собою складний об'єкт – техногенне родовище за гірничотехнічними, інженерно-геологічними і гідрогеологічними умовами. Їхній гранулометричний склад представлений фракціями від 0,075 мм до 0,15-0,16 мм. Вологість понад 55-60%, щільність мінеральної частки від 1,19 до 1,6-1,7 т/м³. По периметру такі сховища огорожені греблями. Поблизу греблі складені, як правило, крупнозернисті хвости, подалі – дрібнозернисті.

В даний час окислені руди і численні сховища техногенних відходів – відвали, шламо-і хвостосховищ залучаються до відпрацювання способами чанів, купчастого і підземного вилуговування цінних компонентів.

Загалом, спосіб полягає в вилуговуванні металів техногенних відходів з витягом металів з розчинів, доукрепленні збіднених розчинів витравлюють агентом. Вилуговування міді ведуть в декілька стадій розчинами з підвищеним окислювально-відновним потенціалом.

Збіднений розчин перед доукрепленням витравлюють агентом доводять до рН 4-5 і обробляють кисневмісним газом, наприклад повітрям.

У руді при наявності O₂ і бактерій відбуваються процеси окиснення сульфідних мінералів, які

переходять з нерозчинних сполук в розчинні.

Найбільша швидкість бактеріального вилуговування досягається при оптимальних для цих бактерій рН 1,5-2,0, температурі 30 °С та високій концентрації бактерій 10^9 - 10^{10} кл./мл. Використовують п'ятиденну культуру. Аерація здійснюється газовою сумішшю повітря і озону за допомогою компресора.

Далі розчин надходить на цементаційну або інші установки (сорбція, екстракція) для вилучення металів.

Швидкість окиснення сульфідних мінералів у присутності бактерій зростає в сотні, тисячі разів, а в присутності Fe^{2+} - приблизно в $2 \cdot 10^5$ разів у порівнянні з хімічним процесом. Селективність процесу бактеріального вилуговування кольорових металів визначається як кристало-хімічними особливостями сульфідів, так і їх електрохімічною взаємодією.

Головні показники процесу: ступінь вилучення металу; час вилуговування; залишковий вміст металу в залишку руди.

Висновки

З урахуванням вищеведеного, розробка і удосконалення технологій відпрацювання вмісту діючих та законсервованих (нефункціонуючих) хвостосховищ на різних переробних виробництвах має досить актуальне значення і є важливим напрямком науково-пошукових і проектних розробок.

Завданнями, на вирішення яких спрямовано дослідження, є збільшення вилучення мінералів з техногенних відходів, зниження витрати хімічних реагентів, підвищення екологічності процесу вилуговування і переробки видобутих металів.

У якості рішення в роботі запропоновано можливість застосування мікробіологічного методу вилуговування металів із хвостосховищ. Це дає помітний екологічний та економічний ефект. Адже витрати на вилучення металів для геотехнологічних методів (купчасте вилуговування з попереднім дробленням руди, осадження, електроліз) складають близько третини від суми витрат на звичайні методи.

Проте, геотехнологічні методи видобутку корисних копалин слід розглядати не як конкуруючі з традиційними, а як доповнюючі їх. Ці методи доцільно застосовувати на об'єктах, де значно більший ефект може бути отримано за рахунок масштабності виробництва на відвалах забалансових руд і хвостів збагачення. Вилуговування металів дозволяє зменшити темпи залучення в експлуатацію нових родовищ, приносить прибуток і забезпечує повноту використання надр.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <http://www.mns.gov.ua> «Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році».

2. Бондаренко С.В., Моисеєнко В.В., Бондаренко Г.Н. Комплексное использование минерально-сырьевых ресурсов горно-обогатительных комбинатов Украины // Вопросы химии и химической технологии (научно-технический журнал). - Вып. 5 - Днепропетровск: Издательство УГХТУ, 2003. - с. 29-32.

3. Большая советская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия. 1969-1978.