

## **ПОШУК МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ, ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ**

*Ю.Г. Вілкул, М.І. Ступнік, Т.А. Олійник, Д.В. Бровко, В.В. Стеценко, Н.В. Кушнірук  
Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет», Україна  
Шевчик Д.В., Приватне акціонерне товариство «Центральний ГЗК», Україна*

В статті розглянуто питання комплексної промислової переробки, повторного використання та утилізації промислових відходів ПрАТ «ЦГЗК». Наведено їх опис та характеристика. Визначено, що мінеральна сировина, нагромаджена у відвалах і хвостосховищі підприємства представлена породами сланцевих горизонтів, безрудними кварцитами, гематитовими кварцитами, багатими залізними рудами, тальковими сланцями, метапісчаниками, гранітами. Визначені перспективні напрямки переробки мінеральних відходів.

З кожним роком процес отримання готової продукції необхідної якості з сировини, видобутої з надр, становиться складнішим через причини, що пов'язані з її генезою та неудосягнутими технологіями, що застосовуються на більшості гірничозбагачувальних підприємств міста. Стрімко збільшується кількість відходів, що складаються у відвалах, хвостосховищах та шламонакопичувачах.

Одним з шляхів зниження кількості мінеральних відходів гірничо-збагачувальних підприємств є розробка та упровадження безвідходних технологій переробки видобутих корисних копалин. За тривалий період роботи гірничовидобувної промисловості Кривбасу відбулося значне накопичення мінеральних відходів, яке негативно впливає на зовнішнє середовище не тільки в промислових зонах, але в регіоні в цілому, а саме:

- відходи мокрої магнітної сепарації кондиційних руд складаються в хвостосховища, їх питома поверхня більш ніж у 100 разів збільшена, порівняно з вихідною сировиною, що створює сприятливі умови для їх інтенсивного вилугування та пилоутворення;
- рідка фаза пульпи в хвостосховищах має збільшену в сотні і тисячі разів концентрацію солей важких металів порівняно із ґрунтовими водами через більш високий градієнт фільтрації (від 1,0 - у відвалах до 2-30 - у хвостосховищах), ніж в природних умовах (0,1); при використанні неекранованих хвостосховищ це негативно впливає на прилеглі до комбінатів річки, водойми, водоносні підземні горизонти;
- при відсутності постійного зрошення сухих пляжів хвостосховищ та схилів відвалів значна частина тонкодисперсного матеріалу зноситься з них та осідає на навколишні території, забруднюючи земну поверхню; при подальшому розчиненні токсичні сполуки мігрують у ґрунт, підґрунтя і в підземні води.

Відповідно залучення до переробки вже за складованих мінеральних відходів для підприємств Кривого Рогу є актуальною проблемою, що вимагає вирішення.

Прикладом для наслідування є розвинуті гірничовидобувні країни Європи та світу котрі домоглися високого рівня використання гірничо-промислових відходів в якості джерел для отримання мінеральної сировини.

Аналіз літературних джерел та наукових робіт українських та закордонних вчених показав, що проблемою промислових відходів почали займатися з моменту отримання першої тонни концентрату. Але тільки деякі підприємства реалізують ці розробки у своїй виробничій практиці.

На основі існуючого стратегічного підходу до планування сталого розвитку міста («Міська екологічна програма на 2016 – 2025 роки»), було проведено роботи з вишукування методів комплексного промислового перероблення, повторного використання та утилізації промислових відходів ПрАТ «ЦГЗК».

Об'єктами дослідження були гірничо-промислові мінеральні відходи комбінату. Дослідницька робота направлена на отримання фактичного матеріалу, що є основою для вирішення наступних завдань:

- вивчення речовинного складу відвалів та лежалих хвостів з визначенням їх мінерального і хімічного складу, гранулометричних характеристик, фізичних властивостей (гравітаційних, магнітних, електричних);

- технологічні дослідження відвалів та лежалих хвостів для розробки комплексної технології отримання товарного концентрату та додаткової продукції.

Метою роботи є розробка комплексної технології збагачення та впровадження нових технологій подальшої переробки відходів гірничо-збагачувального комбінату. В результаті роботи може бути досягнуто зменшення територій хвостових покладів та вирішення основних проблем забруднення навколишнього середовища, створена раціональна технологія одержання з відвалів та лежалих хвостів високоякісного залізородного концентрату та інших продуктів необхідних у народному господарстві.

Аналіз практики впровадження нових технологій збагачення техногенної сировини показав, що важливим науково-практичним завданням є вивчення речовинного складу техногенної сировини, характеру зростають рудних і нерудних мінералів, їх топомінералогії та відповідно до цього проведення магнітного, гравітаційного чи інших аналізів.

Промислові відходи підприємства накопичені в межах промислової площадки та в межах гірничого відводу шахти «Гігант-Глибока». Відходи складаються в упорні призми № 1, 2, 3, відвали № 4, 5 (№7), відвал у відпрацьованому кар'єрі №2, відвал №6, південно-західний відвал, внутрішній відвал кар'єру №1, хвостосховище та відвал «Південний». Основні показники цих об'єктів наведено у таблиці 1

Таблиця 1.

Характеристики відвалів ПрАТ «ЦГЗК» на 01.01.2018р.

№ з/п	Місце розташування, № відвалу	Висота, м	Площа, га	Абс. відм. поверхні відвалу, м	Об'єм, тис.м <sup>3</sup>
1	Упорна призма № 1	60	302,2	155,0	181320
2	Упорна призма № 2	46	135,0	149,0	62100
3	Упорна призма № 3	60	256,0	168,0	153600
4	Відвал № 4	30	41,0	130,0	12300
5	Відвал 5 (№7)	48	78,0	144,0	37440
6	Відвал № 6	40	50,2	155,0	20080
7	Внутр. к-р№1	318	86,0	135,0	273480
8	Відпрацьований кар'єр №2	170	103,6	120,0	176120
9	Відвал тимчасовий Півд.-західний	33	35	128,0	11550
10	Відвал Півд.-західний	15	3,0	115	450
11	Відвал «Південний»	26	127,3	86,4	33098

Мінеральні відходи, які складають упорні призми № 1, 2, 3, відвали № 4, 5 (№7) та відвал у відпрацьованому кар'єрі №2, як об'єкти дослідження можливості їх комплексної промислової переробки не розглядаються.

Основними об'єктами для проведення досліджень з вишукування методів комплексного промислового перероблення, повторного використання та утилізації промислових відходів визначено відвал №6, південно-західний відвал, внутрішній відвал кар'єру №1, хвостосховище та відвал «Південний» в межах гірничого відводу ш. «Гігант-Глибока». Загальний об'єм накопичених промислових відходів у відвалах складає 45098 тис. м<sup>3</sup>.

При вивченні речовинного складу відвалу №6, південно-західного відвалу та внутрішнього відвалу було встановлено, що складований матеріал представлений розкривними породами родовища «Велика Глеюватка». Основна частина відвалів складена породами першого, другого, третього, четвертого і п'ятого сланцевих горизонтів саксаганської світи, окисленими

некондиційними різновидами залізистих кварцитів четвертого і п'ятого залізистих горизонтів саксаганської світи. В меншій кількості зустрічаються породи скелеватської та гданцевської світи і пухкими відкладами кайнозою. Відходи складуються не упорядковано, що ускладнює їх подальшу переробку.

Сланцеві породи представлені сланцями кварц-хлорит-біотитового складу, хлорит-кварц-карбонатними сланцями з прошарками безрудних кварцитів, кварц-хлорит-серицитовими сланцями. Сланці з чітко вираженою сланцюватою текстурою, сірого, темно-сірого і зеленого кольорів. Безрудні кварцити нестійкі як по падінню, так і по простяганню.

Породи сланцевих горизонтів розглядаються, як можлива сировина для будівельних матеріалів. Слід відзначити, що породи III – IV і II сланцевих горизонтів вивчалися ще у 1960-1963 р.р., за результатами досліджень був складений геологічний звіт, у якому сланці III – IV сланцевих горизонтів, були рекомендовані як сировина для виробництва легких заповнювачів, які придатні для отримання пористих заповнювачів. У результаті проведених більш сучасних досліджень встановлено, що внаслідок наявності великої кількості кварцитових прошарків у породах сланцевого горизонту вони стають малоприматними для отримання пористого наповнювача. Слід також зазначити, що на основі сланцепориту можливе приготування легких бетонів марок 50, 75, 100, 150, 200, 250, які за проведеними лабораторними дослідженнями відповідають технічним умовам і за своїми механічними, деформаційними та теплотехнічними властивостями задовольняють вимоги виробництва.

Також породи II і III – IV сланцевих горизонтів розглядаються, як сировина для отримання будівельного щебеню. Проведені дослідження показали, що щільність порід  $Sx^{3-4s}$  і  $Sx^{2s}$  горизонтів коливаються від 2,7 до 3,07 г/см<sup>3</sup>, об'ємна вага у куску 2,6-3,01 г/см<sup>3</sup>. Пористість щебеню 0,4-3,0 %, вологоємність – 0,16-1,5%. Вміст пилоподібних та глинистих часток не перевищує 0,5%. Органічні домішки відсутні. У цілому, щебінь із гірничих порід II і III – IV сланцевих горизонтів характеризуються відносною однорідністю фізичних властивостей, як по падінню, так і по простяганню пластів. По своїм фізичним властивостям він відповідає вимогам ТУ, які пред'явлені до будівельного щебеню.

Щебінь з сланців може бути використаний для армованого та неармованого бетонів, улаштування баласту внутрішньозаводських залізничних колій, будівництва автомобільних доріг, штучних основ під фундамент та зворотних засипок. Недоліком щебеню є його підвищена на 50-100 кг об'ємна вага порівняно з гранітами і відносно високий вміст зерен пластинчастої та голчатої форм.

У результаті проведених геологорозвідувальних робіт встановлено, що породи скельного розкриття III – IV та II сланцевих горизонтів родовища можуть бути використані у якості будівельного щебеню і пористого заповнювача бетону (сланцепориту).

Окислені залізисті кварцити представлені гетит-мартиновими, гетит-гематит-мартиновими та мартиновими різновидами.

Під час розкриття покладів магнетитових кварцитів в кар'єрі №1 видобуваються гематитові кварцити п'ятого, шостого та інших залізрудних горизонтів, що складуються разом з розкритими породами. Ці породи мають середній вміст заліза біля 35 мас.% і можуть розглядатися як сировина для отримання гематитового концентрату.

Багаті залізні руди представлені трьома різновидами: гідрогетит-гетитові (бурозалізнякові), власне магнетитові з силікатами і карбонатами та гематитові руди.

Разом з гематитовими кварцитами у відвали надходять багаті руди, які не видобувалися вже ліквідованими шахтами та кар'єрами. Головним чином це невеликі за розміром поклади багатих залізних руд та апофеози крупних рудних тіл, які також можуть розглядатися як сировина для отримання гематитового концентрату.

Безрудні кварцити породи скелеватської світи, які видобуваються і складуються разом з основною масою у відвали, можуть розглядатися у якості будівельного щебеню.

Суглинки та глини. При відпрацюванні залізистих кварцитів, крім порід скельного розкриття, у відроблення попадають рихлі кайнозойські відкладення.

Мінеральний та хімічний склад глин і суглинків вивчений недостатньо, але технологічні

випробування показали, що їх можна використовувати для виробництва керамічної цегли, черепиці, побутової та художньої кераміки. Додавання меленого тальк-вмісного сланцю значно поліпшує якість виробів.

При вивченні речовинного складу відвалу «Південий», який складений розкритими породами родовища «Північне», було встановлено, що основна частина відвалу складена окисленими залізистими кварцитами, багатими залізними рудами та тальками скелеватської свити, також зустрічаються у незначній кількості граніти, метапісковики. При дослідженні відвалу було встановлено, що талькові сланці складовано окремо від окислених залізистих кварцитів та багатих залізних руд.

Окислені залізисті кварцити представлені тонко-середньозаруватими залізолюдко-мартитовими, мартитовими, рідше дисперсногематит-мартитовими кварцитами, середньо-широко-грубозаруватими мартитовими і більш рідкісними залізолюдко-мартитовими та дисперсногематит-мартитовими кварцитами та сланцями – широко-грубозаруватими малозалізистими мартитовими.

У процесі видобутку багатих залізних руд залізисті кварцити всіх названих мінеральних різновидів і всіх стратиграфічних горизонтів, розкритих виробками кар'єру, вилучаються з надр і вивозяться у відвали.

Багаті залізні руди мартитові, дисперсногематит-мартитові руди шостого залізного горизонту, які внаслідок незначної потужності їх тіл та апофеози крупних рудних тіл не відпрацьовуються та відвозяться у відвал.

Залізні руди і залізисті кварцити можуть розглядатися як сировина для отримання гематитового концентрату.

Тальк відноситься до породоутворюючих мінералів сланців верхньої підсвяти скелеватської свити. За якісними показниками тальк може бути використаний як наповнювач при виробництві отрутохімкатів, мінеральних добрив, комбікормів, мінеральних барвників, гідроізоляційних та покрівельних матеріалів та ін.

Відходи збагачувальної фабрики, які накопичуються у хвостосховищі розглядаються, як сировина для повторного збагачення. Наявність у мінеральному складі гематиту до 40 і більше мас.% дозволяє розглядати хвости як сировину для отримання гематит-магнетитового концентрату з супутнім отриманням технічного піску.

Проведені дослідження показали, що промислові мінеральні відходи ПрАТ «ЦГЗК» можна поділити на дві групи:

- перша – промислові мінеральні відходи (відвал «Південний» та хвостосховище), які можливо залучати до виробництва за раніш розробленими технологіями рудопідготовки та збагачення для аналогової сировини, їх особливість полягає у окремому складуванні різних видів порід;

- друга – промислові мінеральні відходи (відвал №6, південно-західний відвал, внутрішній відвал кар'єр №1,) зі змішаним складуванням порід, для залучення яких необхідно розробити індивідуальні технології рудопідготовки та збагачення.

Комплексна переробка промислових мінеральних відходів хвостосховища на ПрАТ «Центральний ГЗК» розроблена і впроваджена у 2004 році. Це дозволило щорічно звільняти до 0,4 млн. м<sup>3</sup> ємності хвостосховища і отримувати залізовмісний концентрат з хвостів збагачення. Але дана технологія не дозволяє повністю переробити повторно вилучений матеріал та близько 80% корисних копалин знову потрапляє у хвостосховище.

Співробітниками Криворізького національного університету була розроблена та перевірена в лабораторних умовах технологія комплексної переробки заскладованих відходів мокрої магнітної сепарації ПрАТ «ПівнГЗК» [1].

Випробування проводились за різними схемами збагачення: з попередньою класифікацією і без класифікації вихідних хвостів; з доподрібненням і без доподрібнення крупної і дрібної фракцій хвостів до різної крупності.

Основним способом збагачення була поліградієнтна сепарація.

Дослідження показали, що з вихідного матеріалу можливо отримати будівельний матеріал

різної крупності та залізовмісний продукт, який можливо відправити на дозбагачення з використанням інших методів збагачення.

В досліджуваних схемах найбільш високі показники збагачення отримані за схемою з доподрібненням крупної частини хвостів до 94% класу  $-0,071\text{мм}$ . Реалізація даної схеми дозволить отримати такі продукти: будівельний пісок з вмістом заліза 2,1% при виході 11,9%, залізовмісний продукт з вмістом заліза 35,5% при виході 28,7% та будівельний пісок з вмістом заліза 4,0% при виході 59,4%.

Також розглядалися можливі напрямки комплексної переробки промислових мінеральних відходів відвалів в яких окремо проводилось складування талькового сланцю та окислених залізовмісних кварцитів.

Отримання тальку з породоутворюючих мінералів в якості схеми-аналога можливо застосувати схему розроблену співробітниками Криворізького національного університету [2]. Залежно від якості вихідної сировини тальку і призначення продукції переробка талькових сланців може вироблятися двома способами: сухим і мокрим.

Суха технологія може застосовуватися при переробці сланців тальку, коли не потребується високоякісна продукція (виробництво пестицидних препаратів, наповнювач для покривельних матеріалів).

Мокра технологія може бути застосована для збагачення сланців тальку в тих випадках, коли необхідно отримати тальк високої якості (тальк мелений для керамічної промисловості, мікротальк для кабельної промисловості).

Технологія переробки сланців тальку сухим способом включає наступні операції: дроблення, грохочення, сушку, подрібнення, пневматичну класифікацію і упаковку. Інколи вводяться операції ручної породовідбірки.

Технологія переробки сланців тальку мокрим способом включає елементи сухого способу, зокрема, на стадіях підготовки руд до збагачення (грохочення, дроблення) і випуск товарної продукції (сушка, подрібнення, пневматична класифікація і упаковка). Мокра технологія передбачає операції: подрібнення, класифікацію, флотацію, магнітну сепарацію, а також зневоднення.

Технології збагачення окислених залізовмісних кварцитів за кордоном та в Україні [3] на предмет отримання залізорудного концентрату, показали, що для залучення даної сировини до виробництва використовують різноманітні методи збагачення: промивку, збагачення на відсадкових машинах, гвинтових сепараторах, у важких суспензіях; флотаційне збагачення, магнітне збагачення в сильному магнітному полі на індукційно-роликівих і поліградієнтних сепараторах, електричну сепарацію.

Комплексна переробка промислових мінеральних відходів другої групи, зі змішаним складуванням порід потребує розробки індивідуальні технології рудопідготовки та збагачення. Схем-аналогів такої переробки не існує.

Таким чином, у результаті аналізу сировинної бази промислових мінеральних відходів встановлено, що одним з перспективних джерел сировини на Україні для отримання залізорудних концентратів та іншої продукції для народного господарства є відвали та лежалі хвости ПрАТ «ЦГЗК». Залучення до виробництва відвалів та лежалих хвостів підприємства дозволить вирішити два основних завдання: поліпшення екологічного стану району та розширення мінеральної сировинної бази комбінату. У подальших роботах будуть залучені попередні результати для розробки комплексної технології переробки відвалів та лежалих хвостів ПрАТ «ЦГЗК».

#### Література

1. Олійник Т.А. Технологія комплексного використання техногенної сировини ПАТ «ПівніГЗК» / Т.А. Олійник, Л.В. Скляр, Н.В. Кушнірук, І.О. Нагнибіда // *Якість мінерального сировини*. – Кривий Ріг: Мінерал. – 2014. – С. 548-552.
2. Олійник Т.А. Дослідження на збагачення вогнетривкої сировини / А. Олійник, Л.В. Скляр, М.А. Піскунова // *Тезиси докладов научно-технічної конференції молодих обогатителів України: «Новішіе техника и технология в области переработки полезных ископаемых»*. – Донецьк. – 2011. – С. 12-15.
3. Кушнірук Н.В. Аналітичний огляд технології збагачення окислених залізних руд у вітчизняній і зарубіжній практиці / Н.В. Кушнірук, В.В. Комогорцева // *Вісник КНУ*. - Вип. 34.-Кривий Ріг.-2013.- С. 76-81.