

## СУЧАСНИЙ ЕТАП РОЗВИТКУ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

У 2011 р. виповнюється 130 років з початку розробки покладів залізних руд Криворізького басейну. В історії розвитку гірничодобувних підприємств басейну виділяють три періоди стабільності та зростання, які переривались трьома спадами видобутку руд у зв'язку з Жовтневою революцією і громадянською війною (1917—1922), Великою Вітчизняною війною (1941—1945) і розпадом СРСР (1992—2000). Здатність гірничодобувної й переробної промисловості Кривбасу після глибоких депресій до відновлення й наростаючого розвитку є унікальною. Їй сприяла мобілізація мінерально-сировинних, економічних, кадрових, інших потенціалів регіону [2].

Розвиток мінерально-сировинної бази Криворізького басейну пов'язаний з розвитком підприємств його гірничо-металургійного комплексу. За період індустріальної розробки родовищ басейну можна виділити три етапи еволюції їх мінерально-сировинної бази.

Початок *першого етапу* збігається з початком промислової розробки рудних покладів. Залізні руди протягом перших років їх видобутку (1881—1900) склали найбільш вивірену частину покладів багатих руд. За мінеральним складом виділено сипкі залізнослюдко-мартитові, мартитові руди (“шелестухи”, “гематитова сипучка”), щільні залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові (гематитові) руди та дисперсногематит-мартит-гетитові, дисперсногетит-гетитові (бурозалізнякові) руди [1]. Масова частка (далі — вміст) заліза в складі руд коливався від 55 до 69 % (бурозалізнякові від 55 до 65 %, гематитові — від 60 до 69 %). Активне використання відносно бідних бурозалізнякових руд було зумовлене їхньою високою металургійною якістю.

Руди видобували відкритим (невеликі кар'єри) і підземним (закопуші, штольні, шурфи, пізніше — неглибокі шахти) способами. З відпрацюванням приповерхневих покладів унаслідок заглиблення кар'єрів і шахт зростало їх технічне оснащення, розпочалась геологічна розвідка рудних покладів. Поступово припинився видобуток бурозалізнякових руд у зв'язку з вичерпанням запасів їх найбільших покладів. До середини ХХ ст. кар'єрами й шахтами видобували багаті гематитові руди, а також локально й у невеликих обсягах — багаті магнетитові руди.

Другий етап розвитку мінерально-сировинної бази Кривбасу пов'язаний з початком у середині 1950-х років експлуатації гірничозбагачувальними комбінатами (ГЗК) бідних магнетитових руд — магнетитових кварцитів. Це стало необхідним і можливим у зв'язку з наростаючою потребою в залізорудній сировині та з появою продуктивної гірничодобувної і збагачувальної техніки. Магнетитові кварцити характеризуються значно нижчим порівняно з багатими рудами загальним змістом заліза ( $Fe_{\text{заг}}$ ) — від 25 до 45 %, у середньому близько 35 %. Вміст заліза, що входить до складу магнетиту ( $Fe_{\text{магн}}$ ) нижче у середньому на 10 % — коливається від 15 до 35 %, у середньому становить близько 25 % [3]. Бідні магнетитові руди полімінеральні. Залежно від глибини динамотермального метаморфізму вихідних залізистих осадів, ступеня їх тектонічних, метасоматических, гіпергенних змін у складі продуктивних товщ родовищ Кривбасу виділено понад 100 мінеральних різновидів залізистих кварцитів. Для окремих родовищ (Первомайське, Ганнівське, Інгулецьке) цей показник перевищує 30. У зв'язку з цим велике значення має мінералогічне, технологічне картування рудних покладів, усереднення складу руд перед подачею на дробарні й збагачувальні фабрики, вибір оптимальних технологій рудопідготовки та збагачення [4]. У поточний час п'ять ГЗК дев'ятьма кар'єрами розробляють найбільші родовища магнетитових кварцитів Криворізького басейну. Подальша їх експлуатація пов'язана з необхідністю розв'язання багатьох проблем, основними з яких є: зростання обсягів розкривних робіт, близька до граничної глибина кар'єрів (300—400 м), поступове зменшення запасів розвіданих покладів магнетитових кварцитів у контурах гірських відводів ГЗК. Для деяких ГЗК остання проблема вже стала актуальною, розв'язання її є основною умовою розвитку виробництва. На початку 2011 р. розвідані запаси магнетитових руд ГЗК Кривбасу становили близько 5 млрд т.

Протягом другого етапу тривав видобуток багатих гематитових руд, але обсяг його поступово зменшувався в зв'язку з вичерпанням запасів багатьох рудних покладів, зниженням якості руд, збільшенням глибини їх відпрацювання до 1000—1500 м. Більшість кар'єрів і шахт з видобутку багатих гематитових руд були закриті протягом останньої чверті ХХ ст. Продовжують працювати 7 шахт і 2 кар'єри в межах Саксаганського (Центрального) залізорудного району Кривбасу. На початку 2011 р. розвідані запаси багатих гематитових руд становили близько 1 млрд т. Експлуатація покладів багатих магнетитових руд через зниження їхньої якості, зменшення запасів і граничну глибину їх відпрацювання була припинена у 1990-х роках.

Оптимальним рішенням наростаючих мінерально-сировинних проблем ГЗК і шахт є залучення до експлуатації покладів бідних гематитових руд (гематитових кварцитів), ресурси яких у межах діючих гірничодобувних підприємств до глибини 1000 м оцінено у 50 млрд т. З цим пов'язаний початок *третього етапу* розвитку мінерально-сировинної бази Криворізького басейну.

Перші спроби використання гематитових кварцитів для виробництва залізорудного концентрату були зроблені у 1980—1990-х роках на Центральному ГЗК (випал — магнітний метод збагачення) і ГЗКОРі (метод “мокрої” високоінтенсивної магнітної сепарації). Втім обидва методи були визнані неоптимальними через високу вартість обладнання, енергоємність процесу, низьку якість одержуваного концентрату, недостатню екологічну ефективність технологій збагачення.

Успішнішим виявилось використання методу “сухої” високоінтенсивної магнітної сепарації низькосортної гематитової сировини для виробництва агломераційної руди. Цей метод упровадили у виробництво підприємства “Гама-

юн”, пізніше — “Укрекологія”, “Укрмеханобр”, “Сігма”. Як вихідну сировину на цих збагачувальних установках використовують крупнозернисту фракцію дробильно-сортувальних фабрик (ДСФ) при шахтах (вміст  $Fe_{\text{заг}}$  від 38 до 45 %, у середньому близько 42 %) або низькоякісні багаті гематитові руди з домішкою збагачених гематитових кварцитів (вміст  $Fe_{\text{заг}}$  від 40 до 49 %, у середньому близько 45 %). Методом дроблення вихідного матеріалу до крупності часточок 10—0 мм і подальшої “сухої” магнітної сепарації в сильному полі (до 1 Тл) з вихідної сировини виробляють аглоруду з вмістом  $Fe_{\text{заг}}$  52—56 %, у середньому близько 54 %. Недоліки цих установок: нездатність збагачувати гематитову сировину рядової якості (з вмістом  $Fe_{\text{заг}}$  нижче 40 %); відносно низька якість кінцевого корисного продукту ( $Fe_{\text{заг}}$  не вище 55 %), низький його вихід (не вище 30 %), високий вміст заліза у відходах збагачення (30—40 %). Можна зробити висновок стосовно обмеженості перспектив цієї технології.

Повніше використання природних потенціалів гематитової сировини забезпечує застосування “мокрої” гравітаційної технології, мінералогічно обґрунтованої авторами цієї статті в 2002 р. На її основі в Криворізькому технічному університеті були розроблені проекти збагачувальних установок, побудованих підприємствами “Подряд”, “Транс-Трейд”, “Метал-Юніон”. Як вихідну сировину на них використовують тонкозернисті (95 % часточок мають крупність менше 0,1 мм) лежалі відходи збагачення (хвости) збагачувальних фабрик шахтах “Північна” рудника ім. В.А. Валявка (запаси сировини близько 1 млн т) і “Нова” (м. Жовті Води — близько 2,5 млн т). Склад хвостів гематит-кварцовий з домішкою магнетиту, дисперсного гематиту, каолініту та інших силікатів. Вміст  $Fe_{\text{заг}}$  у складі хвостів від 20 до 50 %, у середньому близько 30 %, вміст заліза, що входить до складу гематиту і магнетиту ( $Fe_{\text{гем}} + Fe_{\text{магн}}$ ), близько 20 %. Вміст  $Fe_{\text{заг}}$  у концентраті, який виробляють установки, становить 65 %, вихід його, залежно від якості вихідного матеріалу, коливається в межах 10—40 %. Установки характеризуються високою економічністю, простою обслуговування, ефективністю використання вихідної сировини, високою якістю кінцевого корисного продукту. Розглядається можливість тиражування збагачувальних установок на інших хвостосховищах Кривбасу (Центрального і Північного ГЗК, комбінату “АрселорМіттал Кривий Ріг”).

Масштабніше аналоги цих установок можна застосовувати під час збагачення гематитових кварцитів. Для цього на стадії рудопідготовки їх потрібно

**Технологічні показники збагачення гематитових кварцитів з використанням гравітаційної технології (для різної крупності подрібнення вихідної сировини)**

Крупність часточок у складі продуктів подрібнення	Корисні кінцеві продукти	Технологічний показник, масова частка, %	
		$\beta$	$\gamma$
-1,0	Рядова агломераційна руда	55—58	42—45
-0,5	Аглоруда високої якості	58—61	40—42
-0,2	Аглоконцентрат	61—63	38—40
-0,1	Концентрат низької якості	63—65	35—38
-0,074	Рядовий концентрат	65—67	32—35
-0,05	Концентрат високої якості	67—69	28—32

Примітка. Вміст  $Fe_{\text{заг}}$  у складі вихідної сировини всіх класів крупності становить 37—39 %;  $\beta$  — вміст  $Fe_{\text{заг}}$  у складі одержаного корисного кінцевого продукту;  $\gamma$  — вихід корисного кінцевого продукту.

доповнити дробарно-подрібнювальними модулями. З подрібненої до різної крупності вихідної сировини можна одержати різної якості корисні кінцеві продукти. Основні технологічні характеристики цих продуктів, отриманих із гематитових кварцитів кар'єру "Південний" шахтоуправління комбінату "АрселорМіттал Кривий Ріг", наведені в таблиці. Показники збагачення гематитових кварцитів інших родовищ Кривбасу незначною мірою відрізняються від наведених у таблиці.

Ще однією особливістю третього етапу розвитку мінерально-сировинної бази Криворізького басейну є активне залучення до переробки техногенних покладів залізорудної сировини. Вилучення заліза із шлаків сталеплавильного виробництва комбінату "АрселорМіттал Кривий Ріг" забезпечують підприємства "Восток" і "Сигма". Підприємство "Гонта-Технологія" побудувало і успішно експлуатує установку на основі гравітаційної технології з виробництва концентрату з металургійних шлаків із вмістом заліза 65 %. Аналогічні установки проєктують для металургійних підприємств Російської Федерації і Казахстану.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В., Стрыгин А.И. и др.* Геология криворожских железорудных месторождений. — Киев: Изд-во АН УССР, 1962. — Т. 1. — 484 с.; Т. 2. — 567 с.
2. *Вілкул Ю.Г., Дояр Л.В., Дядечкин М.І. та ін.* Криворізький залізорудний басейн. До 125-річчя з початку промислового видобутку залізних руд. — Кривий Ріг: Видавн. центр Криворізі. техн. ун-ту, 2006. — 584 с.
3. *Гершойг Ю.Г.* Вещественный состав и оценка обогатимости бедных железных руд. — М.: Недра, 1968. — 200 с.
4. *Пирогов Б.И., Поротов Г.С., Холошин И.В., Тарасенко В.Н.* Технологическая минералогия железных руд. — Ленинград: Наука, 1988. — 302 с.