

УДК 549 : 622.7 (477.63)

Демченко О.С., Евтехов В.Д., Евтехова А.В., Георгієва О.П.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДРОБИЛЬНО-СОРТУВАЛЬНИХ ФАБРИК КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Викладені результати систематичного вивчення мінерального складу кінцевих продуктів дробильно-сортувальних фабрик (ДСФ) шахт Криворізького басейну: товарної агломераційної руди та відходів збагачення (крупнозернистого відсіву). Встановлені кількісні співвідношення рудних і породних компонентів у складі аглоруди й відсіву всіх шахт. Мінералогічно обґрунтована можливість підвищення вмісту заліза в складі низькокондиційної товарної аглоруди з 55-57 до 60-62 мас.% та вилучення високозалізистої складової з відсіву ДСФ, що сприятиме значному зростанню виходу високоякісної аглоруди та зменшенню об'єму складування відходів збагачення.

Стан питання та актуальність роботи. Поклади багатих залізних руд Криворізького басейну в поточний час розробляються сімома шахтами та двома кар'єрами Саксаганського залізорудного району. Глибина добувних робіт становить 1200-1500 м. Склад руд, переважно, гематитовий з домішкою кварцу, а також магнетиту, гетиту, каолініту та інших більш рідкісних мінералів [2-5, 7, 9-12]. У зв'язку зі складною конфігурацією рудних покладів та недостатньою ефективністю технології селективного вилучення руд з надр – до складу видобутої рудної маси потрапляють уламки вмісних порід, головним чином, гематитових кварцитів, значно меншою мірою – різного складу сланців, малорудних (каолініт-дисперсногематитових) кварцитів, зрідка жильного кварцу, амфіболітів, мономінеральних і силікатних кварцитів, гранітів. У зв'язку з цим загальний вміст заліза в складі видобутої рудної маси (для різних шахт 52-54 мас.%) значно нижчий у порівнянні з середнім вмістом заліза в складі руд розвіданих та готових до відпрацювання покладів (57-58 мас.%).

Для підвищення вмісту заліза в складі товарної агломераційної руди використовується технологія тристадійного дроблення та тричотиристадійного грохотіння видобутої рудної маси, яка реалізована на дробильно-сортувальних фабриках (ДСФ) всіх семи шахт Криворізького басейну [1]. На виході з ДСФ видобута рудна маса розділяється на два продукти: 1) дрібнозернистий корисний кінцевий продукт із вмістом заліза 55-62 мас.% (товарна аглоруда); 2) крупнозернистий відсів із вмістом заліза 39-46 мас.% (середній показник близько 43 мас.%) – відходи (хвости) збагачення (рис. 1).

Найбільш низькоякісна товарна аглоруда з вмістом заліза 55-57 мас.% протягом останніх років користується все меншим попитом на світовому ринку залізорудної сировини через низький вміст заліза. Оптимальне значення цього показника в сучасних умовах – не нижче 60 мас.%. Лише відповідаючи цьому критерію, агломераційна руда Криворізького басейну збереже свою конкурентоздатність. У зв'язку з цим активізувались пошуки напрямків удо-

сконалення технологічної схеми, реалізованої в діючих ДСФ. Заходи з її оптимізації повинні базуватись на результатах визначення неоптимальностей технології, в тому числі через недостатнє врахування мінералогічних особливостей вихідної сировини. Це дасть змогу вдосконалити існуючий технологічний ланцюг ДСФ та (за необхідності) наростити його збагачувальними пристроями, які б забезпечували зростання вмісту заліза в складі корисного кінцевого продукту від 55 до понад 60 мас.%

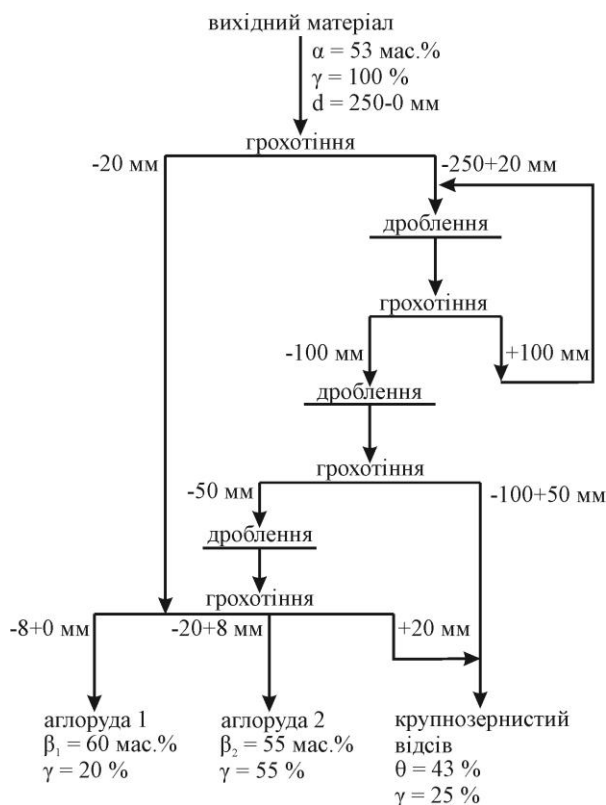


Рис. 1. Узагальнена схема збагачення відбитої з надр рудної маси на ДСФ шахт Криворізького басейну з одержанням високоякісної (аглоруда 1) та низькоякісної (аглоруда 2) товарної аломераційної руди.

Хвости нагромаджуються в спеціально сформованих складах. Щорічний загальний об'єм складування відходів усіх ДСФ становить 1-2 млн. т. Нагромаджений їх об'єм у складах усіх шахт, за різними оцінками, становить від 15 до 20 млн. т. Більшість складів пе-

реповнені, тому частина нагромадженого матеріалу втрачається у відвалах низькозалістистих розкривних порід та провальних лійках шахт. У той же час відходи ДСФ є цінною залізородною сировиною, загальний вміст заліза в складі якої (в середньому близько 43 мас.%) значно вищий у порівнянні з відповідним показником бідних магнетитових руд, які розробляються гірничозбагачувальними комбінатами Кривбасу (в середньому 38 мас.%). Протягом останніх років вивчається можливість використання відсіву ДСФ для повторного збагачення з метою виробництва високоякісних кінцевих продуктів: агломераційної руди, аглоконцентрату та концентрату. Розробка відповідних технологій повинна базуватись на детальному вивченні мінералогічних особливостей крупнозернистого відсіву ДСФ [6, 8].

Метою роботи була мінералогічна оцінка ефективності роботи ДСФ та розробка рекомендацій, спрямованих на її підвищення.

Вихідний матеріал та методика роботи. Досліджувались крупнозернисті відходи ДСФ семи шахт Криворізького басейну. Автори використали опубліковані та фондові дані з понад 100 джерел.

Основою для виконання власних мінералогічних досліджень був матеріал 42 лабораторних мінералогічних проб масою до 20 кг – 21 проба аглоруди та 21 проба крупнозернистого відсіву. Проби відбирались протягом 2014-17 рр. – по 3 проби обох продуктів для ДСФ кожної шахти. Для більшого представництва відбір проб кожної ДСФ виконувався з інтервалом 1 місяць. Матеріал трьох проб кожного продукту кожної шахти був об'єднаний та усереднений. Таким чином, були скомпоновані 7 проб аглоруди та 7 проб відсіву.

Визначення кількісних співвідношень основних мінеральних різновидів руд і гірських порід у складі відсіву ДСФ виконувалось методом макро- (частинки розміром від 100 до 5 мм) та мікроскопічної (менше 5 мм) рудорозборки. Остання проводилась із використанням бінокулярного (частинки розміром від 0,1 до 5 мм) і петрографічного (менше 0,1 мм) мікроскопів.

Додаткову інформацію автори отримали за даними скороченого фазового аналізу заліза –

визначався загальний вміст заліза ($Fe_{\text{заг.}}$) та вміст заліза в складі магнетиту ($Fe_{\text{магн.}}$). Аналізи були проведені в хімічній лабораторії Державної інспекції ДІЯПруда (м. Кривий Ріг) для матеріалу всіх виділених за даними рудорозборки мінеральних різновидів руд і гірських порід ДСФ усіх шахт.

З матеріалу кожного мінерального різновиду багатих руд, рядових гематитових кварцитів та домішкових гірських порід були виготовлені близько 100 прозорих і полірованих шліфів. З використанням стандартних методів були ідентифіковані рудо- та породоутворювальні, другорядні мінерали, визначене їх кількісне співвідношення у складі відсіву. Для діагностики деяких другорядних мінералів (каолінит, тальк, серпентин, мінесотит та ін.) були використані результати рентгеноструктурного й термографічного аналізу.

Результати. Дані рудорозборки матеріалу проб агломераційної руди всіх шахт показали,

що вміст головних мінеральних різновидів багатих руд і гірських порід у її складі близький. Головними компонентами є багаті руди залізнослюдо-мартитового, мартитового («синьки»), дисперсногематит-мартитового («краско-синьки») складу: їх кількість у аглоруді коливається від 65,9 до 72,2 мас.%, середній показник 70,1 мас.%. Другорядне значення мають рядові гематитові кварцити (15,6-19,3, в середньому 16,6 мас.%); зруденілі гематитові кварцити (7,5-10,1, середнє значення 8,8 мас.%); багаті руди мартит-дисперсногематитового («синько-краски») та дисперсногематитового, каолінит-дисперсногематитового («краски») складу (2,2-3,9, середнє значення 3,2 мас.%). В незначній кількості (кожний менший 1 мас.%) присутні безрудні компоненти: різного складу сланці, жильний кварц, мономінеральні та силікатні кварцити, інші гірські породи [6] (табл. 1).

Таблиця 1.

Кількісні співвідношення мінеральних різновидів руд і гірських порід (мас.%) у складі аглоруди ДСФ шахт

№	Родовища	Руди багаті «синьки», «краско-синьки»	Руди багаті «синько-краски», «краски»	Кварцити гематитові зруденілі	Кварцити гематитові рядові	Кварцити малорудні, безрудні	Сланці	Кварц жильний	Інші гірські породи	Загалом
1	кар'єру «Північний» бувшого рудника ім. Ф.Е.Дзержинського	67,6	3,9	10,1	16,5	0,8	0,6	0,1	0,4	100,0
2	кар'єру «Південний» шахти №1 ім. Ф.А.Артема	65,9	3,8	9,2	19,3	0,6	0,7	0,1	0,4	100,0
3	шахти №1 ім. Ф.А.Артема	70,3	3,6	9,0	15,6	0,6	0,6	0,0	0,3	100,0
4	шахти «Родіна»	69,8	3,5	8,9	16,4	0,5	0,6	0,0	0,3	100,0
5	шахти «Зоря-Октябрська»	69,9	3,2	9,0	16,7	0,4	0,5	0,1	0,2	100,0
6	шахти ім. М.В.Фрунзе	71,3	2,9	8,8	15,8	0,5	0,5	0,0	0,2	100,0
7	шахти «Ювілейна»	71,0	3,0	8,8	16,1	0,5	0,4	0,0	0,2	100,0
8	шахти «Гвардійська»	72,5	2,7	7,5	16,3	0,4	0,3	0,1	0,2	100,0
9	шахти «Тернівська»	72,2	2,2	8,1	16,6	0,4	0,3	0,0	0,2	100,0
Середнє значення		70,1	3,2	8,8	16,6	0,5	0,5	0,0	0,3	100,0

Автори визначили вміст заліза в складі кожного рудного й породного компоненту, які присутні в складі аглоруди а також, як показали подальші дослідження, в складі крупнозернистого відсіву ДСФ всіх шахт. Для цього бу-

ли відібрані представницькі проби цих компонентів з матеріалу відібраних проб аглоруди і відсіву. Результати хімічних аналізів наведені в табл. 2.

Результати рудорозборки (табл. 1) свідчать,

що технологія тристадійного дроблення з по-стадійно пов'язаним грохотінням одержуваного продукту, яка впроваджена на ДСФ шахт Кривбасу, не забезпечує повного розділення рудної й породної складових видобутої з надр рудної маси.

За умови виділення з неї найбільш багатой рудної складової, представленої залізнослюдко-мартитовими, мартитовими та дисперсно-гематит-мартитовими рудами («синьками, краско-синьками»), вміст заліза в складі товарної агломераційної руди становив би близько 63 мас.% (табл. 2). Вихід цього продукту склав би 70,1% від одержуваного в по-

точний час на ДСФ шахт. Якщо ступінь розділення матеріалу видобутої рудної маси був би менш досконалим, до складу кінцевого корисного продукту потрапили б «синьки», «краско-синьки», «синько-краски», «краски», а також збагачені гематитові кварцити. В такому разі вміст заліза в складі товарної аглоруди становив би 60,5 мас.%. Вихід її був би 82,1% від одержуваного на сучасних ДСФ. Таким чином, і в першому, і в другому випадку якість аглоруди відповідала б сучасним вимогам світового ринку.

Таблиця 2.

Середній вміст заліза в складі компонентів аглоруди та крупнозернистого відсіву ДСФ шахт

№	Родовища	Руди багаті «синьки», «краско-синьки»	Руди багаті «синько-краски», «краски»	Кварцити гематитові зруденілі	Кварцити гематитові рядові	Кварцити малорудні, безрудні	Сланці	Кварц жильний	Інші гірські породи
1	кар'єру «Північний» бувшого рудника ім. Ф.Е.Дзержинського	63,8	53,9	43,0	38,8	24,5	20,6	0,7	15,2
2	кар'єру «Південний» шахти №1 ім. Ф.А.Артема	63,9	53,7	43,2	38,8	24,4	20,4	0,8	15,0
3	шахти №1 ім. Ф.А.Артема	63,5	53,8	43,1	38,6	24,4	20,5	0,7	14,9
4	шахти «Родіна»	63,6	53,6	42,9	38,5	24,0	19,9	0,9	14,9
5	шахти «Зоря-Октябрська»	63,1	53,3	43,0	38,5	24,1	19,7	0,6	14,3
6	шахти ім. М.В.Фрунзе	62,8	53,1	42,9	38,4	23,7	19,4	0,9	13,9
7	шахти «Ювілейна»	62,5	53,2	42,7	38,2	23,8	19,5	0,7	13,6
8	шахти «Гвардійська»	62,3	52,8	42,5	37,9	23,6	19,4	0,8	13,5
9	шахти ім. В.І.Леніна	62,2	52,6	42,5	38,0	23,4	19,2	0,6	13,3
Середнє значення		63,1	53,3	42,9	38,4	24,0	19,8	0,7	14,3

Але потрапляння до аглоруди рядових гематитових кварцитів і низькозалізистих, беззалістих гірських порід є причиною низької якості (55-57 мас.%) одержуваної на ДСФ в поточний час товарної агломераційної руди. Недостатня вибірковість запроваджених технологічних схем по розділенню кондиційної й некондиційної складових видобутої з надр рудної маси є головним недоліком роботи ДСФ.

Другим недоліком є високий вміст заліза (від 39 до 46 мас.%, середній показник близько 43 мас.%) у відходах збагачення – крупнозернистому відсіві.

Для матеріалу 21 представницької проби відсіву ДСФ усіх шахт, як і для агломераційних руд, автори виконали макро- та мікроскопічну рудорозборку. В складі відсіву виділялись ті ж рудні та породні компоненти, які були присутні в складі аглоруд (табл. 2, 3).

З наведених у табл. 3 результатів видно, що в складі відсіву ДСФ присутні частинки багатих руд (близько 11 мас.%) і збагачених гематитових кварцитів (близько 6 мас.%). За умови оптимальної роботи технологічної схеми близько 17 мас.% відсіву з середнім вмістом заліза 60,5 мас.% надійшли б до товарної аглоруди. Одночасно вихід відсіву зменшився б на

17%, вміст заліза в його складі зменшився б з 43 до 37,8 мас.%.

Мінералого-технологічний аналіз роботи ДСФ шахт дав змогу авторам визначити головні причини їх неоптимальної роботи.

1. У зв'язку з конструктивними особливостями дробарок до тині тиску крупних міцних уламків, представлених, переважно, рядовими гематитовими кварцитами, а також малорудними, безрудними кварцитами, жильним квар-

цом (міцність за М.М.Протод'яконовим 12-20 балів) потрапляють частинки багатой мартитової руди (1-7 балів). В процесі дроблення рудної маси вони залишаються недодробленими і після грохотіння потрапляють до надрештнього продукту – крупнозернистого відсіву ДСФ. Цим пояснюється присутність у його складі близько 10 мас.% багатих гематитових руд з вмістом заліза понад 63 мас.%.

Таблиця 3.

Кількісні співвідношення мінеральних різновидів руд і гірських порід (мас.%) у складі крупнозернистого відсіву ДСФ шахт

№	Родовища	Руди багаті «синьки», «краско-синьки»	Руди багаті «синько-краски», «краски»	Кварцити гематитові зруденілі	Кварцити гематитові рядові	Кварцити малорудні, безрудні	Сланці	Кварц жильний	Інші гірські породи	Загалом
1	кар'єру «Північний» бувшого рудника ім. Ф.Е.Дзержинського	9,8	2,0	7,1	77,5	1,8	0,9	0,2	0,7	100,0
2	кар'єру «Південний» шахти №1 ім. Ф.А.Артема	10,1	1,8	6,6	78,1	1,5	1,0	0,3	0,6	100,0
3	шахти №1 ім. Ф.А.Артема	9,8	1,7	6,1	79,4	1,4	0,9	0,2	0,5	100,0
4	шахти «Родіна»	9,6	1,5	5,9	80,2	1,3	0,9	0,2	0,4	100,0
5	шахти «Зоря-Октябрська»	9,7	1,3	6,2	80,4	1,0	0,7	0,3	0,4	100,0
6	шахти ім. М.В.Фрунзе	9,5	1,2	5,6	81,4	1,1	0,8	0,1	0,3	100,0
7	шахти «Ювілейна»	9,3	1,3	5,7	81,7	0,9	0,6	0,2	0,3	100,0
8	шахти «Гвардійська»	8,6	1,1	4,9	83,2	0,9	0,6	0,3	0,4	100,0
9	шахти «Тернівська»	7,9	0,8	5,3	84,3	0,8	0,5	0,2	0,2	100,0
Середнє значення		9,4	1,4	5,9	80,7	1,2	0,8	0,2	0,4	100,0

2. Уламки різного складу сланців, каолініт-дисперсногематитові прошарки малорудних гематитових кварцитів внаслідок незначної міцності (1-10 балів) схильні до передроблення. Через це вони потрапляють до дрібнозернистого продукту ДСФ (товарної аглоруди). Це спричиняє зниження вмісту заліза в її складі.

Зазначені дві обставини обумовлюють два основних напрямки робіт, спрямованих на підвищення ефективності роботи ДСФ.

1. Мінералогічне обґрунтування та вибір оптимальної технологічної схеми, яка б забезпечила підвищення вмісту заліза в складі товарної агломераційної руди з 55-57 до 60-62 мас.%. Результати попередніх мінералого-

технологічних досліджень показали, що цього можна досягнути з використанням сухої магнітної, сухої та мокрої гравітаційної, гранулометричної сепарації.

2. Визначення можливості повторного збагачення крупнозернистого відсіву ДСФ з метою вилучення з нього високозалізистої складової з подальшим її залученням до товарної агломераційної руди. Це дозволить підвищити вихід товарної аглоруди без втрати її якості, а також зменшити кількість відходів збагачення руд.

Висновки

1. З метою підвищення вмісту заліза в складі видобутої з надр рудної маси вона переробляється на ДСФ всіх шахт Кривбасу на два

кінцевих продукти: 1) дрібнозернистий – товарну агломераційну руду (вміст заліза 55-62 мас.%); 2) крупнозернистий відсів із вмістом заліза 39-46 мас.% – відходи збагачення.

2. Низькокондиційна товарна аглоруда з вмістом заліза 55-57 мас.% у поточний час не користується попитом на світовому ринку. Причина її низької якості – присутність у ній частинок низькозалістистих та беззалістистих гірських порід, які потрапляють до аглоруди через недосконалість технології видобутку та збагачення видобутої рудної маси.

3. Останнє є причиною прояву ще однієї неоптимальності роботи ДСФ: занадто високого вмісту заліза в складі крупнозернистого відсіву через присутність частинок багатих руд та зруденілих гематитових кварцитів.

4. Результати вивчення мінерального складу продуктів ДСФ показали, що існує можливість підвищення вмісту заліза в складі низькосортної товарної аглоруди (55-57 мас.% заліза) до показників, які відповідають вимогам світового ринку (60-62 мас.%) та вилучення з відсіву ДСФ шляхом його повторного збагачення рудної складової з таким же вмістом заліза. Це дозволить збільшити вихід аглоруди і зменшити об'єми складування відходів збагачення. Відповідні технології повинні ґрунтуватись на результатах детальних мінералогічних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Азарян А.А., Колосов В.А., Ломовцев Л.А., Учитель А.Д.** *Качество минерального сырья* // Кривой Рог: Минерал, 2001.– 203 с.

2. **Белевцев Я.Н., Бура Г.Г., Дубинкина Р.П. и др.** *Генезис железных руд Криворожского бассейна* // Киев: Изд. АН УССР, 1959.– 308 с.

3. **Белевцев Я.Н., Кравченко В.М., Кулик Д.А. и др.** *Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Генезис железных руд* // Киев: Наукова думка, 1991.– 215 с.

4. **Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В., Стрыгин А.И. и др.** *Геология Криворожских железорудных месторождений* // Киев: Изд. АН УССР, 1962.– Т. 1 – 484 с., т. 2 – 567 с.

5. **Гершойг Ю.Г.** *Генезис руд Кривого Рога / Геология и генезис руд Криворожского желе-*

зородного бассейна // Киев: Изд. АН УССР, 1955б.– С. 86-99.

6. **Демченко О.С., Євтехов В.Д.** *Петрографічний склад відсіву дробильно-сортувальних фабрик Криворізького басейну / Сталій розвиток промисловості та суспільства. Секція 5. Геологія, прикладна мінералогія. Екологія. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Кривий Ріг, 20-23 травні 2015 р.* // Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2015.– С. 62-66.

7. **Євтехов В.Д.** *Етапи формування комплексної мінерально-сировинної бази залізородних родовищ Криворізько-Кременчуцького лінеаменту* // Відомості Академії гірничих наук України.– 1997.– № 4.– С. 111-114.

8. **Євтехов В.Д., Євтехова А.В., Демченко О.С., Смирнов А.Я.** *Минералогическая оценка эффективности технологий повторного обогащения крупнозернистого отсева дробильно-сортировочных фабрик Криворожского бассейна* // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету, 2014.– №1-2 (31-32).– С. 61-69.

9. **Каниболоцкий П.М.** *Петрогенезис пород и руд Криворожского железорудного бассейна* // Черновцы: Изд. АН УССР, 1946.– 312 с.

10. **Мартыненко Л.И.** *Роль гипергенных процессов в образовании руд Саксаганской полосы Кривого Рога / Геология и генезис руд Криворожского железорудного бассейна* // Киев: Изд. АН УССР, 1955.– С. 100-113.

11. **Святальский Н.И., Фукс Э.К., Половинкина Ю.И. и др.** *Железородное месторождение Кривого Рога* // Москва-Ленинград: Госгеоліздат, 1932.– 284 с.

12. **Федорченко В.С.** *К вопросу о генезисе «красковых» руд Криворожского бассейна* // Минералогический сборник.– 1955.– № 9.– С. 216-220.

REFERENCES

1. **Azaryan AA, Kolosov VA, Lomovtsev LA, Uchitel A.D.** *Quality of mineral raw materials (in Russian)* // Krivoy Rog: Mineral, 2001.– 203 p.

2. **Belevtsev Ya.N., Bura G.G., Dubinkina R.P., et al.** *Genesis of the Krivoy Rog basin iron ores (in Russian)* // Kiev: Publishing house of the UkrSSR Academy of sciences, 1959.– 308 p.

3. **Belevtsev Ya.N., Kravchenko V.M., Kulik D.A., e. a.** Precambrian banded iron formations of the European part of the USSR. Genesis of iron ores (in Russian) // Kiev: Naukova dumka, 1991.– 215 p.
4. **Belevtsev Ya.N., Tokhtuyev G.V., Strygin A.I., e. a.** Geology of Krivoy Rog iron ore deposits (in Russian) // Kiev: Publishing house of the UkrSSR Academy of sciences, 1962.– V. 1 – 484 p, V. 2.– 567 p.
5. **Gershoyg Yu.G.** Genesis of Krivoy Rog ores (in Russian) / Geology and genesis of ores in the Krivoy Rog iron ore basin // Kiev: Publishing house of the UkrSSR Academy of sciences, 1955.– P. 86-99.
6. **Demchenko O.S., Evtekhov V.D.** Petrographic composition of screenings from crushing and screening plants of the Kryvyi Rih basin (in Ukrainian) / Sustainable development of industry and society. Proceedings of International scientific-technical conference. Kryvyi Rih, 20-23 May 2015 // Kryvyi Rih: Kryvyi Rih national university, 2015.– P. 62-66.
7. **Evtekhov V.D.** Stages of the formation of a complex mineral-raw material base of iron ore deposits of the Krivoy Rog-Kremenchug lineament (in Ukrainian) // Data of the Academy of mining sciences of Ukraine.– 1997.– №4.– P. 111-114.
8. **Evtekhov VD, Evtekhova AV, Demchenko O.S., Smirnov A.Ya.** Mineralogical assessment of the efficiency of the technology of re-enrichment of coarse-grained screening of crushing and sorting factories of the Krivoy Rog basin (in Russian) // Geology and mineralogy bulletin of Kryvyi Rih national university.– 2014.– №1-2 (31-32).– P. 61-69.
9. **Kanibolotskyi P.M.** Petrogenesis of rocks and ores of the Krivoy Rog iron ore basin (in Russian) // Chernovtsy: Publishing house of the UkrSSR Academy of sciences, 1946.– 312 p.
10. **Martynenko L.I.** The role of supergene processes in the formation of the Saksagan band ores in Krivoy Rog (in Russian) / Geology and genesis of ores in the Krivoy Rog iron ore basin // Kiev: Publishing house of the UkrSSR Academy of sciences, 1955.– P. 100-113.
11. **Svital'sky N.I., Fuks E.K., Polovinkina Yu.I., e.a.** Iron ore field of Krivoy Rog (in Russian) // Moscow-Leningrad: Gosgeolizdat, 1932.– 284 p.
12. **Fedorchenko V.S.** Concerning the genesis of "red dirt" ores in the Krivoy Rog basin (in Russian) // Mineralogical journal.– 1955.– №9.– P. 216-220.

ДЕМЧЕНКО О.С., ЄВТЕХОВ В.Д., ЄВТЕХОВА А.В., ГЕОРГІЄВА О.П. Оцінка ефективності роботи дробильно-сортувальних фабрик Криворізького басейну.

Резюме. Багаті залізні руди Криворізького басейну розробляються шахтами глибиною 1200-1500 м. Через складність форми рудних тіл та неоптимальність технології гірничих робіт до видобутої рудної маси потрапляють вмісні низькозалісті та беззалісті гірські породи. Внаслідок цього вміст заліза в складі добутого рудного матеріалу (52-54 мас.%) суттєво нижчий від його середнього вмісту в складі руд розвіданих і підготовлених до розробки покладів (57-58 мас.%).

З метою підвищення вмісту заліза в добутій руді використовується технологія тристадійного дроблення та тристадійного грохотіння рудної маси, яка реалізована на дробильно-сортувальних фабриках (ДСФ) всіх семи шахт Кривбасу. Кінцевими продуктами ДСФ є: 1) товарна агломераційна руда (дрібнозернистий продукт ДСФ) із вмістом заліза від 55 до 62 мас.%; 2) відходи (хвости) збагачення – крупнозернистий відсів із вмістом заліза 39-46 мас.%, середній показник близько 43 мас.%.

Низькоякісна товарна аглоруда з вмістом заліза 55-57 мас.% користується все меншим попитом на світовому ринку. Результати мінералогічних досліджень аглоруди всіх шахт показали, що головна причина її недостатньої якості – присутність частинок низькозалістих та беззалістих гірських порід, потрапляння яких до товарної аглоруди обумовлене неоптимальні-

стю застосованої технології збагачення.

Ще одним проявом низької ефективності роботи ДСФ є занадто високий вміст заліза в складі крупнозернистого відсіву, обумовлений присутністю в ньому частинок багатих руд та зруденілих гематитових кварцитів. В зв'язку з цим відходи ДСФ в поточний час досліджуються як цінна вторинна залізородна сировина.

Результати вивчення мінерального складу продуктів ДСФ свідчать, що існує можливість підвищення вмісту заліза в низькосортній товарній аглоруді з 55-57 до 60-62 мас.%, а також вилучення з відсіву ДСФ шляхом його повторного збагачення рудної складової з таким же вмістом заліза. Це дозволить збільшити вихід високоякісної аглоруди і зменшити об'єми складування відходів збагачення.

Розробка відповідних технологій повинна базуватись на детальному вивченні мінералогічних особливостей низькосортної агломераційної руди та крупнозернистого відсіву ДСФ кожної шахти.

Ключові слова: залізисто-кремниста формація, Криворізький басейн, багаті залізні руди, мінеральний склад руд, хімічний склад руд, збагачення руд.

ДЕМЧЕНКО О.С., ЕВТЕХОВ В.Д., ЕВТЕХОВА А.В., ГЕОРГИЕВА Е.П. Оценка эффективности работы дробильно-сортировочных фабрик Криворожского бассейна.

Резюме. Богатые железные руды Криворожского бассейна разрабатываются шахтами глубиной 1200-1500 м. Из-за сложности формы рудных тел и неоптимальности технологии горных работ в добытую рудную массу попадают вмещающие низкожелезистые и безжелезистые горные породы. Вследствие этого содержание железа в составе добытого рудного материала (52-54 масс.%) существенно ниже его среднего содержания в составе руд разведанных и подготовленных к разработке залежей (57-58 масс.%).

С целью повышения содержания железа в добытой руде используется технология трехстадийного дробления и трехстадийного грохочения рудной массы, которая реализована на дробильно-сортировочных фабриках (ДСФ) всех семи шахт Кривбасса. Конечными продуктами ДСФ являются: 1) товарная агломерационная руда (мелкозернистый продукт ДСФ) с содержанием железа от 55 до 62 масс.%; 2) отходы (хвосты) обогащения – крупнозернистый отсев с содержанием железа 39-46 масс.%, средний показатель около 43 мас.%.

Низкокачественная товарная аглоруда с содержанием железа 55-57 масс.% пользуется все меньшим спросом на мировом рынке. Результаты минералогических исследований аглоруды всех шахт показали, что главная причина ее недостаточного качества – присутствие частиц низкожелезистых и безжелезистых горных пород, попадание которых в товарную аглоруду обусловлено неоптимальностью применяемой технологии обогащения.

Еще одним проявлением низкой эффективности работы ДСФ является слишком высокое содержание железа в составе крупнозернистого отсева, обусловленное присутствием в нем частиц богатых руд и оруденелых гематитовых кварцитов. В связи с этим отходы ДСФ в настоящее время исследуются как ценное вторичное железородное сырье.

Результаты изучения минерального состава продуктов ДСФ свидетельствуют, что существует возможность повышения содержания железа в низькосортной товарной аглоруде с 55-57 до 60-62 масс.%, а также извлечение из отсева ДСФ путем его повторного обогащения рудной составляющей с таким же содержанием железа. Это позволит увеличить выход высококачественной аглоруды и уменьшить объемы складирования отходов обогащения.

Разработка соответствующих технологий должна базироваться на детальном изучении минералогических особенностей низькосортной агломерационной руды и крупнозернистого отсева ДСФ каждой шахты.

Ключевые слова: железисто-кремнистая формація, Криворожский басейн, богатые желез-

ные руды, минеральный состав руд, химический состав руд, обогащение руд.

DEMCHENKO O.S., EVTEKHOV V.D., EVTEKHOVA A.V., GEORGIIEVA O.P. Mineralogical assessment of crushing and sizing plants efficiency (Kryvyi Rih basin).

Summary. Mines 1200-1500 m deep extract the high-grade iron ores in Kryvyi Rih basin. Complexity of ore bodies shape and nonoptimality of mining methods cause falling of the enclosing low-iron and iron-free rocks into extracted ore mass. As a consequence, the iron content of the mined ore material (52-54 mass.%) is significantly lower than its average content in the ore of deposits explored and prepared for the extraction (57-58 mass.%).

In order to increase the iron content in the extracted ore the technology of three-stage crushing and three-stage screening of ore mass is used, which is implemented in crushing and sizing plants (CSP) of all seven Kryvbass mines. The final products of CSP are: 1) marketable sinter ore (fine-grained CSP product) with iron content from 55 to 62% mass.%; 2) processing waste (tailings) – coarse-grained screenings with iron content 39-46% mass.%; the average value is about 43 mass.%.

Low-grade marketable sinter ore with an iron content of 55-57 mass.% is in poor demand on the world market. The results of mineralogical studies of sinter ore from all mines revealed the presence of low-iron and iron-free rocks particles to be the main reason for its insufficient quality, their insertion into marketable sinter ore is caused by the nonoptimality of processing technology used.

Another manifestation of CSP low efficiency is the unreasonably high content of iron in the coarse-grained screenings due to the presence of particles of high-grade ores and of mineralized hematite quartzites. In this regard, CSP wastes are currently studied as a valuable secondary iron ore raw material.

The results of studying mineral composition of CSP products give evidence of possibility to increase the iron content of low-grade marketable sinter ore from 55-57 to 60-62% mass %, as well as to extract ore component with the same iron content from the CSP screenings by re-processing. This will increase the yield of high-quality sinter ore and reduce the storage of concentration waste.

The development of appropriate technologies needs to be based on a detailed study of mineral features of low-grade sinter ore and coarse-grained screenings from each mine CSP.

Key words: banded iron formation, Kryvyi Rih basin, high-grade iron ores, mineral composition of ores, chemical composition of ores, ore concentration.

*Надійшла до редакції 24 березня 2016 р.
Представила до публікації доктор геологічних наук Г.А.Кульчицька.*