

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.04.089>

УДК 549 : 553.31 (477.63)

О.С. Демченко, В.Д. Євтехов

Державний вищий навчальний заклад
"Криворізький національний університет"
50002, м. Кривий Ріг, Україна, вул. Віталія Матусевича, 11
E-mail: o.s.demchenko121@gmail.com; evtekhov@gmail.com

СКЛАД ВІДСІВУ ДРОБИЛЬНО-СОРТУВАЛЬНИХ ФАБРИК КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ ЯК ВТОРИННОЇ ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ

Поклади багатих руд Криворізького басейну розробляються сімома шахтами і двома кар'єрами. У процесі видобутку руд через недосконалість гірничодобувних технологій і складність форми рудних покладів відбувається підмішування до рудної маси нерудного матеріалу, головним компонентом якого є рудовмісні гематитові кварцити. Внаслідок цього загальний вміст заліза у складі видобутої рудної маси значно нижчий (52—54 мас. %) у порівнянні з показниками, які відповідають сучасним вимогам металургійних підприємств до товарної агломераційної руди (55—60 мас. %). Для підвищення вмісту заліза у складі товарної руди видобуту з надр рудну масу переробляють на дробильно-сортувальних фабриках (ДСФ). Дрібнозернистий продукт останньої стадії грохотіння є товарною агломераційною рудою з вмістом заліза від 55—57 до 60—62 мас. %. Крупнозернистий продукт (крупнозернистий відсів ДСФ), який є відходом збагачення, досліджено як вторинну залізорудну сировину для виробництва корисних кінцевих продуктів з різним вмістом заліза — 55—69 мас. %. За результатами петрографічних, мінералогічних і хімічних досліджень матеріалу 27 проб відсіву всіх шахт і кар'єрів, головними компонентами відсіву (76—77 мас. % від його загальної маси) є багаті залізні руди, зруденілі та рядові гематитові кварцити; вміст малорудних і нерудних компонентів (сланці, силікатні та мономінеральні кварцити) — 23—24 мас. %. Вміст петрографічних компонентів, мінеральний і хімічний склад відсіву в напрямку від південного до північного флангу Саксаганського залізорудного району змінюється несуттєво — для кожного компонента в межах 1—3 мас. %: зменшується кількість уламків багатих руд, зруденілих гематитових кварцитів, малорудних гематитових кварцитів, сланців та жильного кварцу; в зворотному напрямі суттєво зростає кількість рядових гематитових кварцитів. Подібність мінерального складу, структури та текстури рудних і породних компонентів відсіву ДСФ різних шахт дають підставу для розробки єдиної технологічної схеми його збагачення.

Ключові слова: залізо-кремниста формація, Криворізький басейн, багаті залізні руди, відходи збагачення, мінеральний склад, петрографічний склад, хімічний склад.

Вступ. Двома основними видами залізорудної сировини Криворізького басейну нині є бідні магнетитові руди (магнетитові кварцити) і багаті (гематитові, незначною мірою магнетитові) руди [4, 6, 8, 10, 11]. Межею між бідними і багатими рудами визначено загальний вміст заліза в їхньому складі — 46 мас. %. Родовища бідних магнетитових руд (магнетитових кварцитів) розробляють дев'ятьма кар'єрами п'ять гірничозбагачувальних комбінатів з метою виробництва залізорудного (магнетитового) концентрату із загальним вмістом заліза 64—68 мас. %. Родовища багатих руд розробляють

сімома шахтами і двома незначної потужності кар'єрами. Товарну багату руду з вмістом заліза 55—60 мас. % використовують у аглодоментному виробництві як один із головних компонентів для виробництва залізорудного агломерату.

Виділено чотири основних різновиди багатих гематитових руд: 1) *синьки* (руди мартитового, залізнослюдко-мартитового, рідше мартит-залізнослюдкового складу) з середнім вмістом заліза близько 65 мас. %; 2) *краско-синьки* (дисперсногематит-мартитові руди) — 60 мас. %; 3) *синько-краски* (мартит-дисперсногематитові руди) — 55 мас. %; 4) *краски* (дисперсногематитові, каолінит-дисперсногематитові руди) — близько 50 мас. %. У складі рудних

© О.С. ДЕМЧЕНКО, В.Д. ЄВТЕХОВ, 2017

ISSN 2519-2396. *Мінерал. журн.* 2017. 39, № 4

89

покладів переважають синьки і краско-синьки [1—5, 7, 9]. Селективний видобуток руд за мінеральними різновидами не здійснюється, руди загальним потоком подаються на поверхню.

У процесі видобутку руд через недосконалість гірничодобувних технологій і складність форми рудних покладів відбувається підмішування до рудної маси матеріалу нерудних включень і вмісних гірських порід: гематитових кварцитів, малорудних дисперсногематитових кварцитів, різного складу сланців, жильного кварцу, іноді доломітових мармурів, амфіболітів, гранітів. Унаслідок цього загальний вміст заліза в складі видобутої рудної маси значно нижчий (зазвичай, 52—54 мас. %) у порівнянні з відповідним показником руди в надрах, підготовленої до видобутку (в середньому близько 57—58 мас. %), а також із сучасними вимогами металургійних підприємств (58—62 мас. %).

Для підвищення вмісту заліза у складі товарної руди видобуту з надр рудну масу переробляють на дробильно-сортувальних фабриках (ДСФ) шахт методом тристадійного дроблення і тристадійного грохотіння. Підрешітний продукт останньої стадії грохотіння є товарною агломераційною рудою з вмістом заліза від 55—56 до 61—62 мас. % залежно від складу вихідної руди та технології збагачення. Надрешітний продукт (крупнозернистий відсів ДСФ), який є відходом збагачення, був **об'єктом цього дослідження**.

Актуальність роботи. Крупнозернистий відсів ДСФ шахт характеризується відносно високим вмістом заліза — в середньому близько 43 мас. %. Це спричинено наявністю в його складі окрім частинок гематитових кварцитів і малорудних, безрудних гірських порід також уламків багатих гематитових руд і зруденілих гематитових кварцитів. У зв'язку з цим протягом останніх років крупнозернистий відсів ДСФ досліджують як кондиційну вторинну залізородну сировину. Для розробки ефективних технологій рудопідготовки та повторного збагачення відсіву необхідне детальне вивчення його мінерального складу, структури та текстури, як показників, які визначають збагачувальність рудної сировини.

Мета роботи — встановлення кількісних співвідношень головних мінеральних різновидів руд і гірських порід відсіву ДСФ, загального вмісту заліза в їхньому складі — показників, що визначають якість відсіву як вторинної за-

лізородної сировини для виробництва корисних кінцевих продуктів із різним вмістом заліза, мас. %: агломераційної руди — вміст $Fe_{\text{заг}}$ — 55—60, аглоконцентрату — 60—63, рядового концентрату — 64—66, високоякісного концентрату — 67—69.

Вихідний матеріал і методика досліджень. Досліджено петрографічний, мінеральний, хімічний склад матеріалу трьох представницьких проб відсіву шахт: № 1 ім. Ф.А. Артема (південна частина Саксаганського залізородного району Кривбасу), ім. М.В. Фрунзе (центральна частина) та Тернівська (північна частина). Крупність уламків у складі дослідженого матеріалу становила 20—100 мм, маса кожної проби — близько 700 кг. Матеріал кожної з трьох проб був подроблений до крупності частинок менше 15 мм. З дробленого матеріалу за стандартною методикою відібрано наважки, маса кожної становила близько 30 кг.

Використано метод макро- та мікроскопічної рудорозбірки, останню виконано за допомогою бінокулярного мікроскопа МБС-9. За необхідності уточнення мінерального складу руд і порід виготовлено прозорі та поліровані шліфи, досліджені за допомогою петрографічних і мінерографічних мікроскопів. Мінеральний склад прихованокристалічних рудних агрегатів визначено з застосуванням рентгеноструктурного методу.

Для забезпечення надійної ідентифікації мінеральних різновидів руд і домішкових гірських порід, матеріал проб був тричі промитий у непроточній воді. При цьому маса кожної проби зменшилась через втрату пилоподібного матеріалу на 50—80 г. Оскільки це менше 1 % від маси вихідних наважок, породний склад пилоподібного матеріалу в подальших розрахунках не брали до уваги.

У процесі рудорозбірки частинки багатих руд різного мінерального складу (залізнослюдо-ко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові) об'єднували в один рудний компонент. Частинки мартит-дисперсногематитових, дисперсногематитових, каолінит-дисперсногематитових руд у дослідженому матеріалі були практично відсутні, що пояснюється їх незначною міцністю. Внаслідок цього вони переподроблювались, а утворені частинки мартитового, дисперсногематитового, каолінит-дисперсногематитового складу, розміром зазвичай менше 1 мм, концентрувались у найбільш дрібнозернистому матеріалі.

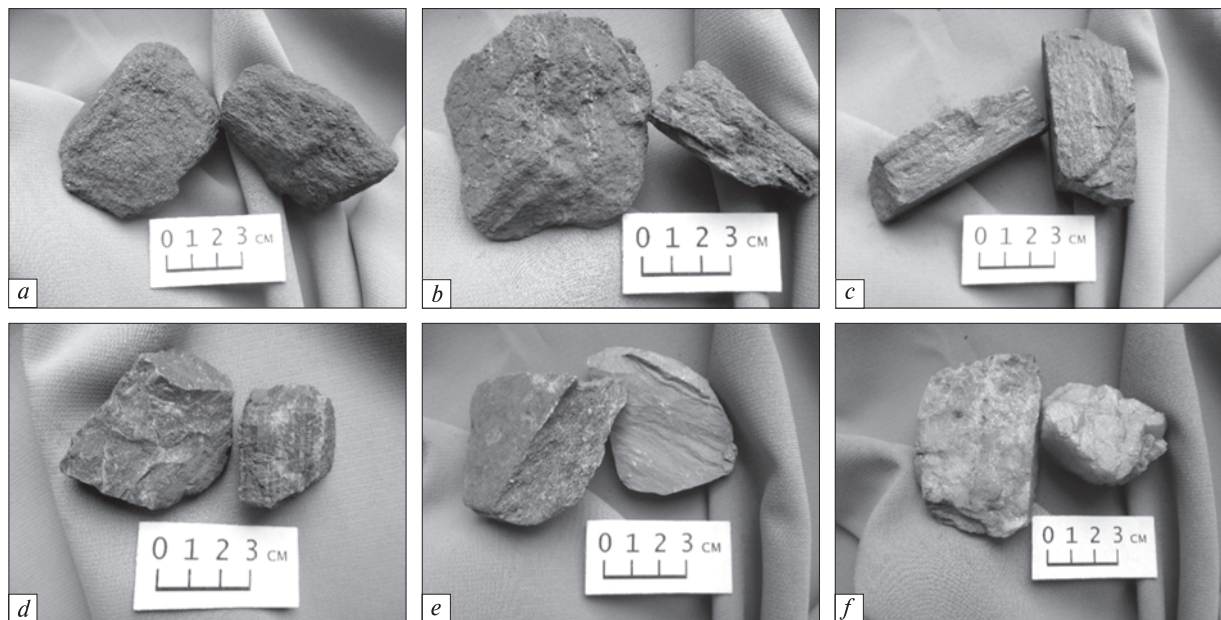


Рис. 1. Головні петрографічні компоненти відсіву ДСФ: *a* — руда багата мартитова, *b* — кварцит залізнослюдко-мартитовий зруденілий, *c* — кварцит гематитовий (залізнослюдко-мартитовий) рядовий, *d* — кварцит дисперсногематитовий малорудний, *e* — сланці різного мінерального складу, *f* — кварц жильний

Fig. 1. The main petrographic components of the CSP: *a* — rich martite ore, *b* — enriched specularite-martite quartzite, *c* — ordinary hematite (specularite-martite) quartzite, *d* — pure dispersed-hematite quartzite, *e* — shales of different mineral composition, *f* — vein quartz

Кількісне співвідношення петрографічних компонентів (мас. %), у складі крупнозернистого відсіву ДСФ

Quantitative ratios of petrographic components (wt. %), of CSP coarse-grained product

Мінеральні різновиди руд і вмісних гірських порід	Шахта			* Fe _{заг}
	№ 1 ім. Ф.А. Артема	ім. М.В. Фрунзе	Тернівська	
Руди багаті залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові	9,38	8,91	8,44	63,08
Кварцити залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові зруденілі	12,86	12,15	11,54	42,65
Кварцити залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові рядові	61,45	63,19	64,86	37,23
Кварцити мартит-дисперсногематитові, дисперсногематитові малорудні	13,49	13,15	12,87	25,34
Сланці хлорит-кварц-серицитові, графіт-кварц-хлоритові, кварц-хлоритові, каолінит-кварц-дисперсногематитові	2,17	2,00	1,78	19,16
Кварц мономінеральний жильний	0,65	0,60	0,51	2,09
Загалом	100,00	100,00	100,00	

Примітка. * — Середній вміст заліза у складі багатих руд і гірських порід відсіву ДСФ, мас. %.

Note. * — The average content of iron in rich ores and rocks of CSP coarse-grained product, wt. %.

Визначено також вміст зруденілих і рядових гематитових кварцитів, малорудних дисперсногематитових кварцитів, сланців і жильного кварцу (таблиця, рис. 1).

Викладення основного матеріалу. Результати підрахунків наведено в таблиці, головні компоненти відсіву показано на рис. 1. За резуль-

татами макро- та мікроскопічних досліджень складено узагальнені мінералогічні й петрографічні характеристики головних компонентів крупнозернистого відсіву ДСФ.

Руди багаті залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові (рис. 1, а) присутні в складі відсіву у вигляді частинок

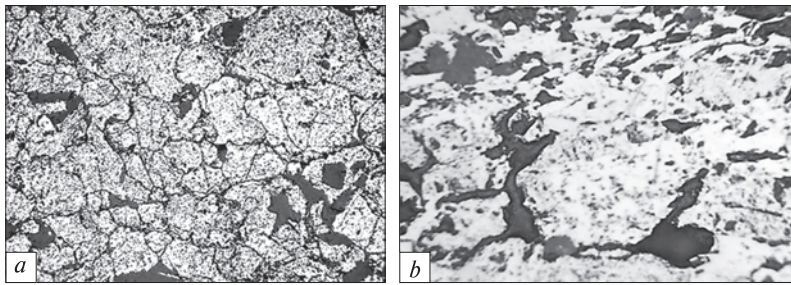


Fig. 2. Peculiarities of mineral composition and structure of rich iron ores of martite (a) and specularite-martite (b) composition. Light-gray — specularite (lamellar crystals) and martite (isometric aggregates); black — pores. Reflected light; without analyzer; enlargement 36. 25^x

Рис. 2. Особливості мінерального складу та структури багатих залізних руд мартитового (a) та залізнослюдо-ко-мартитового (b) складу. Світло-сіре — залізна слюдка (лускуваті кристали) та мартит (ізометричні агрегати); чорне — пори. Відбите світло; без аналізатора; зб. 25^x

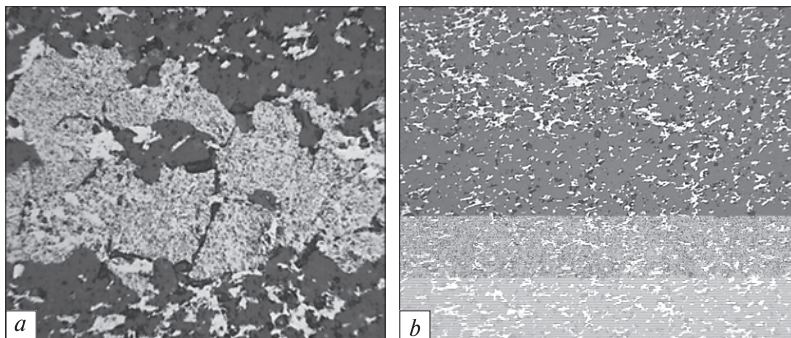


Fig. 3. Peculiarities of the mineral composition and structure of the ore (a) and silicate (b) interlayers of pure hematite quartzites (a — light gray — martite; dark-gray — quartz; black — pores; reflected light; b — white — quartz; black — replaced with disperse hematite cummingtonite; pass light); without analyzer; enlargement 35^x

Рис. 3. Особливості мінерального складу і структури рудних (a) та силікатних (b) прошарків малорудних гематитових кварцитів (a — світло-сіре — мартит; темно-сіре — кварц; чорне — пори; відбите світло; b — біле — кварц; чорне — заміщений дисперсним гематитом кумінгтоніт; прохідне світло); без аналізатора; зб. 35^x

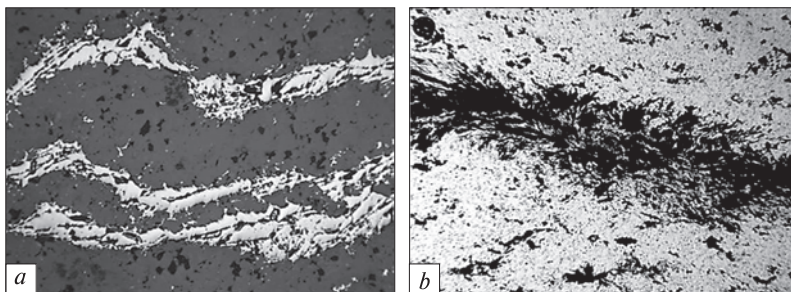


Fig. 4. Peculiarities of the mineral composition and structure of the ore (a) and silicate (b) interlayers of pure hematite quartzites (a — light gray — martite; dark-gray — quartz; black — pores; reflected light; b — white — quartz; black — replaced with disperse hematite cummingtonite; pass light); without analyzer; enlargement 35^x

Рис. 4. Особливості мінерального складу і структури рудних (a) та силікатних (b) прошарків малорудних гематитових кварцитів (a — світло-сіре — мартит; темно-сіре — кварц; чорне — пори; відбите світло; b — біле — кварц; чорне — заміщений дисперсним гематитом кумінгтоніт; прохідне світло); без аналізатора; зб. 35^x

темно-сірого до чорного кольору з блакитним відтінком. Наявність залізної слюдки надає частинкам сріблястого полиску. За присутності помітної кількості дисперсного гематиту частинки руди набувають вишнево-червоного, темно-червоного забарвлення. За даними мікроскопічних досліджень, основним залізозмісним мінералом руд є мартит (середній вміст 87,2 мас. %), представлений ізометричними агрегатами — псевдоморфозами по первинних кристалах магнетиту октаедричної, кубооктаедричної форми (рис. 2). У процесі рудогенезу ним успадкована не тільки форма індивідів але й агрегатів (стріч-

коподібних, блокових, гілчасто-блокових, гілчастих, гілчасто-вкраплених, іноді вкраплених) первинного магнетиту. Розмір агрегатів мартиту коливається від 0,01 до 0,1 мм, іноді досягає 0,3 мм; середні показники — 0,05—0,07 мм.

Другорядну роль у складі багатих руд відіграють, мас. %: залізна слюдка — 3,6, дисперсний гематит — 2,8, гетит — 1,3, реліктовий кварц — 3,9. У порожнинах фіксуються епігенетичні мінерали (сумарно 1,2 мас. %), що розглядаються як типоморфні для зони цементації кори вивітрювання залізо-кремнистої формації (хлорит, каолінит, серпентин, тальк, каль-

цит, арагоніт, доломіт, феродоломіт, епігенетичний радіально-променистий кварц).

Кварцити гематитові зруденілі залізнослюдко-мартитового, мартитового, дисперсногематит-мартитового складу (рис. 1, *b*) у генетичному, мінералогічному, структурному, текстурному відношенні є проміжними між багатими рудами і рядовими гематитовими кварцитами. Процеси зруденіння відбувались у них локально — пошарово або фронтально. Відповідно, у складі їхніх частинок спостерігаються ділянки, що за всіма показниками відповідають рудам або рядовим гематитовим кварцитам.

Кварцити рядові залізнослюдко-мартитові, мартитові і дисперсногематит-мартитові (рис. 1, *c*) складені рудними (кварц-мартитовими) і нерудними (кварцовими, залізнослюдко-кварцовими, дисперсногематит-кварцовими) прошарками, які чергуються. Їхня потужність становить 0,5—3 мм для залізнослюдко-мартитових кварцитів, 2—5 мм для мартитових кварцитів і 5—20 мм для дисперсногематит-мартитових кварцитів. Рядові гематитові кварцити представляють найпоширеніший петрографічний компонент відсіву ДСФ (таблиця).

За даними мікроскопічних досліджень, рудні прошарки рядових гематитових кварцитів характеризуються мінеральним складом, подібним до складу багатих залізних руд. Агрегати мартиту мають подібну форму. Відмінність полягає в наявності у складі рудних прошарків деякої кількості первинного метаморфогенного кварцу — від 10 до 40, в середньому близько 25 об'ємн. % (рис. 3, *a*). Нерудні прошарки, складені кварцом, кристали якого містять поїкілобласти лускоподібних індивідів залізної слюдки (рис. 3, *b*) або дрібні включення землястих агрегатів дисперсного гематиту.

Кварцити гематитові малорудні мартит-дисперсногематитові, дисперсногематитові, каолініт-дисперсногематитові (рис. 1, *d*) є продуктом вивітрювання малорудних магнетит-силікатних, силікатних кварцитів. У їхній будові виділяються рудні (дисперсногематит-мартитові, мартит-дисперсногематитові, дисперсногематитові), нерудні (дисперсногематит-кварцові, кварцові) та рудно-силікатні (дисперсногематит-глинисті) прошарки (рис. 4). На думку попередніх дослідників [1—3, 7, 9], глинисті мінерали в їхньому складі представлені каолінітом, монтморилонітом, бейделітом, накрітом та ін. Для з'ясування мінеральної природи глинистого мінералу ми дослідили дисперсно-

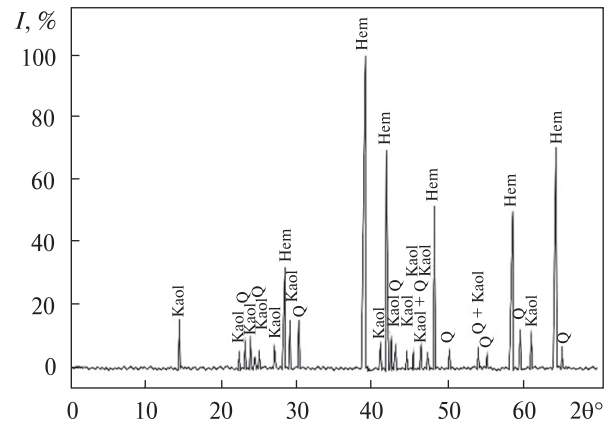


Рис. 5. Рентгенограма каолініт-дисперсногематитового матеріалу: Kaol — каолініт, Q — кварц, Hem — гематит

Fig. 5. Roentgenogram of kaolinite-disperse-hematite material: Kaol — kaolinite, Q — quartz, Hem — hematite

гематит-силікатну складову дисперсногематит-мартитових багатих руд, а також подібного складу збагачених, рядових та малорудних гематитових кварцитів за допомогою методу рентгенофазового аналізу. За одержаними результатами (рис. 5) у складі всіх досліджених проб наявний каолініт — кінцева форма вивітрювання всіх глиноземвмісних силікатів (хлорит, біотит, стильпомелан та ін.), які входили до складу первинних багатих руд і магнетитових кварцитів.

Малорудні гематитові кварцити відрізняються від рядових гематитових кварцитів низьким вмістом мартиту. Головним їх рудним мінералом є дисперсний гематит — продукт гіпергенних змін залізвмісних силікатів і карбонатів.

Унаслідок низького загального вмісту заліза, особливо заліза, яке входить до складу мартиту та залізної слюдки, залісті кварцити цього різновиду варто розглядати як нерудний компонент відсіву ДСФ.

Сланці кварц-силікатні, каолініт-кварц-дисперсногематитові також є нерудною складовою відсіву ДСФ (рис. 1, *e*). Залежно від ступеня гіпергенних змін склад їх суттєво різний. Невивітрені сланці мають біотит-кварц-хлоритовий, хлорит-кварц-кумінгтонітовий, селадоніт-кварц-кумінгтонітовий, кварц-хлоритовий склад (рис. 6). Для вивітрених (кварц-дисперсногематитових, каолініт-кварц-дисперсногематитових) сланців характерна менша різноманітність мінерального складу: кварц + дисперсний гематит + каолініт.

За даними макро- та мікроскопічної рудо-розбірки (таблиця) встановлено, що у складі

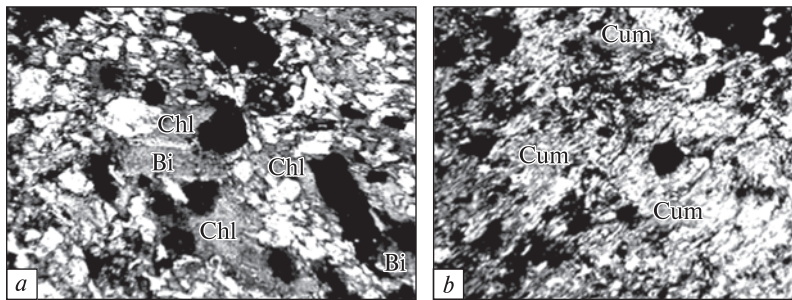


Рис. 6. Особливості мінерального складу та структури силікатних прошарків невивітраних сланців: Chl — хлорит; Bi — біотит; Cum — кумінгтоніт; біле — кварц; чорне — магнетит, пірит. Прохідне світло; *a* — без аналізатора, *b* — з аналізатором; зб. 35[×]

Fig. 6. Peculiarities of mineral composition and structure of silicate layers of non-weathered shales: Chl — chlorite; Bi — biotite; Cum — cummingtonite; white — quartz; black — magnetite, pyrite. Passing light; *a* — without analyzer, *b* — with analyzer; enlargement 35[×]

відсіву є значна кількість багаті гематитової руди — 8,5—9,5 мас. %. Суттєву роль (близько 12 %) відіграють збагачені гематитові кварцити. Найпоширеніші (61—65 %) уламки рядового гематитового кварциту. Малорудні компоненти відсіву представлені некондиційними гематитовими кварцитами, різного складу сланцями та мономінеральним кварцом.

З даних таблиці видно також, що вміст досліджених різновидів руд і домішкових гірських порід у складі крупнозернистого відсіву ДСФ різних шахт близький, але існують чіткі закономірності варіативності цього показника: кількість уламків багатих руд, зруденілих гематитових кварцитів, малорудних гематитових кварцитів, сланців і жильного кварцу в напрямку з півдня на північ Саксаганського залізорудного району (від шахти № 1 ім. Ф.А. Артема до шахти Тернівська) поступово зменшується, натомість суттєво зростає кількість рядових гематитових кварцитів.

Якість багатих залізних руд Криворізького басейну оцінюють за загальним вмістом заліза у їхньому складі. Для визначення якісних показників відсіву ДСФ та окремих його компонентів виконано скорочений фазовий аналіз заліза для одержаних у результаті рудорозбірки мінеральних різновидів руд і гірських порід трьох досліджених родовищ — по шість різновидів руд і порід для кожного родовища, загальна кількість визначень — 18. Середні дані, наведені в таблиці, свідчать, що кондиційними залізозмісними компонентами крупнозернистого відсіву ДСФ є багаті гематитові руди, зруденілі та рядові гематитові кварцити: вміст заліза в їхньому складі перевищує 30 мас. %. До некондиційних компонентів треба віднести малорудні гематитові кварцити, сланці та жильний кварц. Вміст заліза в їхньому складі суттєво нижчий від контрольного значення 30 мас. %.

У процесі збагачення за умови різного ступеня подрібнення відсіву можна очікувати одержання різних за загальним вмістом заліза корисних кінцевих продуктів. Попередня оцінка розміру агрегатів кварцу і гематиту показала, що за умови подрібнення вихідного матеріалу до крупності частинок 0—2 мм ступінь розкриття індивідів і агрегатів рудних і нерудних мінералів може забезпечити виробництво рядової агломераційної руди з вмістом заліза 55—57 мас. %. За крупності частинок у продуктах подрібнення 0—0,1 мм можливе виробництво високоякісного гематитового концентрату з вмістом заліза 67—69 мас. %. Для виробництва інших корисних кінцевих продуктів (високоякісна аглоруда, аглоконцентрат, рядовий концентрат) необхідний розмір частинок, який відповідає емпірично визначеним проміжним режимам подрібнення.

Висновки. 1. Відсів ДСФ шахт Криворізького басейну варто розглядати як високоякісну вихідну сировину для повторного збагачення з метою виробництва корисних кінцевих продуктів із різним загальним вмістом заліза: агломераційної руди, аглоконцентрату, рядового концентрату, високоякісного концентрату.

2. Кондиційними компонентами відсіву є багаті залізні руди, зруденілі і рядові гематитові кварцити. Їх загальний вміст у складі крупнозернистої фракції ДСФ становить 76—77 мас. %, вміст малорудних і нерудних домішкових компонентів, мінерали яких практично повністю будуть скинуті під час збагачення до відходів, — 23—24 мас. %.

3. Можливість виробництва корисних кінцевих продуктів із різним загальним вмістом заліза залежить від ступеня розкриття індивідів і агрегатів рудних і нерудних мінералів, що забезпечується крупністю мінеральних частинок у складі продуктів подрібнення відсіву.

ЛІТЕРАТУРА

1. Акименко Н.М., Белевцев Я.Н., Горошников Б.И., Дубинкина Р.П., Ищенко Д.И., Каршенбаум А.П., Кулишов М.П., Лященко К.П., Максимович В.Л., Скуридин С.А., Сироштан Р.И., Тохтуев Г.В., Фоменко В.Ю., Щербакова К.Ф. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна. — М.: Госгеолтехиздат, 1957. — 280 с.
2. Белевцев Я.Н., Бура Г.Г., Дубинкина Р.П., Епатко Ю.М., Ищенко Д.И., Мельник Ю.П., Стрыгин А.И. Генезис железных руд Криворожского бассейна / Ред. С.П. Родионов. — Киев: Изд. АН УССР, 1959. — 360 с.
3. Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В., Стрыгин А.И., Мельник Ю.П., Каляев Г.И., Фоменко В.Ю., Загоруйко Л.Г., Молявко Г.И., Половко Н.И., Довгань М.Н., Ладиева В.Д., Жуков Г.В., Епатко Ю.М., Щербаков Б.Д. Геология Криворожских железорудных месторождений. — Киев: Изд. АН УССР, 1962. — Т. 1. — 484 с.; Т. 2. — 567 с.
4. Белевцев Я.Н., Кравченко В.М., Кулик Д.А., Белевцев Р.Я., Борисенко В.Г., Дроздовская А.А., Епатко Ю.М., Занкевич Б.А., Калинин О.А., Коваль В.Б., Коржнев М.Н., Кушеев В.В., Лазуренко В.И., Литвинская М.А., Николаенко В.И., Пирогов Б.И., Прожогин Л.Г., Пиковский Е.Ш., Самсонов В.А., Скворцов В.В., Савченко Л.Т., Стебновская Ю.М., Терещенко С.И., Чайкин С.И., Ярошук М.А. Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Генезис железных руд. — Киев: Наук. думка, 1991. — 216 с.
5. Гершойг Ю.Г. Генезис руд Кривого Рога // Геология и генезис руд Криворожского железорудного бассейна. — Киев: Изд. АН УССР, 1955. — С. 86—99.
6. Євтєхов В.Д. Етапи формування комплексної мінерально-сировинної бази залізорудних родовищ Криворізько-Кременчуцького лінеаменту // Відом. Акад. гірничих наук України. — 1997. — № 4. — С. 111—114.
7. Каниболоцкий П.М. Петрогенезис пород и руд Криворожского железорудного бассейна. — Черновцы: Изд. АН УССР, 1946. — 312 с.
8. 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.
9. Свительский Н.И., Фукс Э.К., Половинкина Ю.И., Дубяга Ю.Г., Лисовский А.Л. Железорудное месторождение Кривого Рога. — М.-Л.: Госгеоліздат, 1932. — 284 с.
10. Танатар И.И. Некоторые соображения о генезисе криворожских железных руд и включающих их железистых кварцитов // Южный инженер (Екатеринослав). — 1916. — № 7—8. — С. 153—161.
11. Ярошук М.А., Оноприенко В.Я. Термодинамический анализ условий образования богатых железных руд Северного Криворожья // Геол. журн. — 1980. — 40, № 4. — С. 78—86.

Надійшла 30.06.2017

REFERENCES

1. Akimenko, N.M., Belevtsev, Ya.N., Goroshnikov, B.I., Dubinkina, R.P., Ishchenko, D.I., Karshenbaum, A.P., Kuli-shov, M.P., Lyashchenko, K.P., Maksimovich, V.L., Skuridin, S.A., Siroshstan, R.I., Tokhtuev, G.V., Fomenko, V.Yu. and Shcherbakova, K.F. (1957), *Geological structure and iron ores of the Krivorozhsky pool*, Gosgeoltekhizdat press, Moscow, RU, 280 p.
2. Belevtsev, Ya.N., Bura, G.G., Dubinkina, R.P., Yepatko, Yu.M., Ishchenko, D.I., Melnik, Yu.P. and Strygin, A.I. (1959), *Genesis of iron ores of the Krivoy Rog basin*, in Rodionov, S.P. (ed.), Publ. house of Acad. of Sci. of the UkrSSR, Kyiv, UA, 360 p.
3. Belevtsev, Ya.N., Tokhtuev, G.V., Strygin, A.I., Melnik, Yu.P., Kalyaev, G.I., Fomenko, V.Yu., Zagoruyko, L.G., Mo-lyavko, G.I., Polovko, N.I., Dovgan, M.N., Ladiyeva, V.D., Zhukov, G.V., Epatko, Yu.M. and Shcherbakov, B.D. (1962), *Geology of Kryvyi Rih iron ore deposits*, Publ. house of Acad. of Sci. of the UkrSSR, Kyiv, UA, Vol. 1, 484 p. and Vol. 2, 567 p.
4. Belevtsev, Ya.N., Kravchenko, V.M., Kulik, D.A., Belevtsev, R.Ya., Borisenko, V.G., Drozdovskaya, A.A., Yepatko, Yu.M., Zankevich, B.A., Kalinichenko, O.A., Koval', V.B., Korzhnev, M.N., Kusheev, V.V., Lazurenko, V.I., Litvinskaya, M.A., Nikolaenko, V.I., Pirogov, B.I., Prozhogin, L.G., Pikovskiy, E.Sh., Samsonov, V.A., Skvortsov, V.V., Savchenko, L.T., Stebnovskaya, Yu.M., Tereshchenko, S.I., Chaykin, S.I., and Yaroshchuk, M.A. (1991), *Banded iron Precambrian formations of the European part of the USSR. Genesis of iron ores*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 216 p.
5. Gershoyg, Yu.G. (1955), *Geology and genesis of the Krivoy Rog iron ore basin*, Publ. house of Acad. of Sci. of the UkrSSR, Kyiv, UA, pp. 86-99.
6. Evtexov, V.D. (1997), *Data of the Acad. of Mining Sci. of Ukraine*, No. 4, UA, pp. 111-114.
7. Kanibolotsky, P.M. (1946), *Petrogenesis of rocks and ores of Krivoy Rog iron ore basin*, Publ. house of Acad. of Sci. of the UkrSSR, Chernovtsy, UA, 312 p.
8. Martynenko, L.I. (1955), *Geology and genesis of ores of the Krivoy Rog iron ore basin*, Publ. Acad. of Sci. of UkrSSR, Kyiv, UA, pp. 100-113.
9. Svitalsky, N.I., Fuks, E.K., Polovinkina, Yu.I., Dubyaga, Yu.G. and Lisovskiy, A.L. (1932), *Iron ore field of Krivoy Rog*, Gosgeolizdat press, Moscow-Leningrad, RU, 284 p.
10. Tanatar, I.I. (1916), *Southern engineer*, No. 7-8, Ekaterinoslav, now the Dnieper, UA, pp. 153-161.
11. Yaroshchuk, M.A. and Onoprienko, V.Ya. (1980), *Geol. Journ.*, Vol. 40, No. 4, Kyiv, UA, pp. 78-86.

Received 30.06.2017

О.С. Демченко, В.Д. Евтехов

Государственное высшее учебное заведение
"Криворожский национальный университет"
50002, г. Кривой Рог, Украина, ул. Виталия Матусевича, 11
E-mail: o.s.demchenko121@gmail.com; evtekhov@gmail.com

СОСТАВ ОТСЕВА ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ ФАБРИК КРИВОРОЖСКОГО БАСЕЙНА КАК ВТОРИЧНОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

Залежи богатых руд Криворожского бассейна разрабатываются семью шахтами и двумя карьерами. В процессе добычи руд из-за несовершенства горнодобывающих технологий и сложности формы рудных залежей происходит подмешивание к рудной массе нерудного материала, главный компонент которого — рудовмещающие гематитовые кварциты. Вследствие этого общее содержание железа в составе добытой рудной массы значительно ниже (52—54 мас. %) показателей, отвечающих современным требованиям металлургических предприятий к товарной агломерационной руде (55—60 мас. %). Для повышения содержания железа в составе товарной руды добытая из недр рудная масса перерабатывается на дробильно-сортировочных фабриках (ДСФ). Мелкозернистый продукт последней стадии грохочения — это товарная агломерационная руда с содержанием железа от 55—57 до 60—62 мас. %. Крупнозернистый продукт (крупнозернистый отсев ДСФ), являющийся отходом обогащения, исследован как вторичное железорудное сырье для производства полезных конечных продуктов с разным содержанием железа — 55—69 мас. %. По результатам петрографических, минералогических и химических исследований материала 27 проб отсева всех шахт и карьеров, главными компонентами отсева (76—77 мас. % от его общей массы) — это богатые железные руды, оруденелые и рядовые гематитовые кварциты; содержание малорудных и нерудных компонентов (сланцы, силикатные и мономинеральные кварциты) — 23—24 мас. %. Содержание петрографических компонентов, минеральный и химический состав отсева в направлении от южного к северному флангу Саксаганского железорудного района меняется несущественно — для каждого компонента в пределах 1—3 мас. %: уменьшается количество обломков богатых руд, оруденелых гематитовых кварцитов, малорудных гематитовых кварцитов, сланцев и жильного кварца; в обратном направлении существенно увеличивается количество рядовых гематитовых кварцитов. Подобие минерального состава, структуры и текстуры рудных и породных компонентов отсева ДСФ из разных шахт служит основанием для разработки единой технологической схемы его обогащения.

Ключевые слова: железисто-кремнистая формация, Криворожский бассейн, богатые железные руды, отходы обогащения, минеральный состав, петрографический состав, химический состав.

O.S. Demchenko, V.D. Evtekhov

State institution of higher education "Kryvyi Rih National University"
11, Vitaly Matusevich Str., Kryvyi Rih, Ukraine, 50002
E-mail: o.s.demchenko121@gmail.com; evtekhov@gmail.com

THE COMPOSITION OF THE CRUSHING AND SORTING PLANTS COARSE-GRAINED PRODUCT OF THE KRYVYI RIH BASIN AS THE SECONDARY IRON ORE RAW MATERIAL

The deposits of rich ores of the Kryvyi Rih basin are developed by seven mines and two open pits. In the process of mining ores the non-metallic material with ore-including hematite quartzites, as its main components, is mixed to the ore mass of non-metallic material because of imperfection of mining technologies and complexity of the form of ore deposits. As a result, the total iron content in the extracted ore mass is significantly lower (52—54 wt. %) compared with the corresponding parameters that meet the current requirements of metallurgical enterprises to commercial sinter ore (55—60 wt. %). To increase the content of iron in the commodity ore extracted from the bowels the ore mass is processed at crushing and sorting plants (CSP). The fine-grained product of the last stage of screening is a commercial sinter ore with a content of iron from 55—57 to 60—62 wt. %. The coarse-grained product, which is a waste of enrichment, was studied by the authors of this article as secondary iron-ore raw material for the production of useful end products with different iron content — from 55 to 69 wt. %. According to the results of petrographic, mineralogical and chemical research of the material of 27 samples of the coarse-grained product of all mines and open pits, the main its components (76—77 wt. % of its total mass) are rich iron ores, enriched and ordinary hematite quartzites; the content of low-grade and non-metallic components (shale, silicate and monomineral quartzites) is 23—24 wt. %. The content of petrographic components, the mineral and chemical composition of the coarse-grained product in the direction from the south to the north flank of the Saksagan iron ore district is not significant — for each component in the range of 1—3 wt. %: the number of particles of rich ores, enriched hematite quartzites, non-condition hematite quartzites, shales and vein quartz decreases; in the reverse direction the number of ordinary hematite quartzites increases significantly. The proximity of the mineral composition, structure and texture of the ore and rocky components of the coarse-grained product of different mines gives rise to the development of a single technological scheme for its enrichment.

Keywords: banded iron formation, Kryvyi Rih basin, rich iron ores, waste products of enrichment, mineral composition, petrographic composition, chemical composition.