

Прилепа Д.Н., Евтехов В.Д., Демченко О.С., Евтехов Е.В., Филенко В.В.

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕМАТИТА И КВАРЦА В ПРОДУКТАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАРШАЛЛИТОВ КРИВОРОЖСКОГО БАССЕЙНА

Приведены результаты изучения минерального, химического состава маршаллитизированных разновидностей гематитовых кварцитов – перспективного сырья для производства высококачественного железорудного (гематитового) концентрата. Изложены результаты изучения перераспределения гематита и кварца по продуктам измельчения гематитового сырья. Показана необходимость поэтапного выведения готового к обогащению материала с крупностью частиц менее 0,1 мм после каждой стадии измельчения с целью предотвращения переизмельчения руды. Предложены минералогические рекомендации к разработке оптимальных технологий рудоподготовки и обогащения гематитовых кварцитов.

Гематитовые маршаллиты являются одной из разновидностей гематитовых кварцитов – продуктов гипергенных изменений исходных магнетитовых кварцитов железисто-кремнистой формации докембрия [1, 2]. В настоящее время гематитовые кварциты изучаются как перспективное железорудное сырье Криворожского бассейна. Проведены предпроектные изыскания, разработаны несколько технологических схем обогащения гематитовых кварцитов, проводится выбор оборудования.

Наиболее крупные залежи бедных гематитовых руд (гематитовых кварцитов) слагают кору выветривания четвертого, пятого, шестого железистых горизонтов Скелеватского и Валявкинского месторождений Южного железорудного района Кривбасса. В 70-80 гг. XX ст. экспедиция «Кривбассгеология» провела детальную разведку залежей гематитовых кварцитов района с подсчетом их запасов. Были изучены химический состав, минералогические особенности и обогатимость бедных

гематитовых руд как исходного сырья Криворожского горнообогатительного комбината окисленных руд (КГОКОРа).

Для залежей гематитовых кварцитов характерны значительные колебания качественных показателей руд (минеральный, химический состав, структура, текстура и др.), которые определяют их обогатимость. Основные проявления вариативности состава и строения залежей – их вертикальная и горизонтальная минералогическая зональность, а также проявления эпигенетических гипергенных изменений, главным образом, маршаллитизации, окварцевания, гетитизации гематитовых кварцитов.

Вертикальная минералогическая зональность коры выветривания изученных железистых горизонтов сформировалась в связи с уменьшением с глубиной активности действия агентов выветривания (рис. 1). Верхняя зона представлена гетитизированными (содержание гетита более 5 масс.%) гематитовыми (железнослюдко-мартитовыми, мартитовыми, дис-

персногематит-мартитовыми, мартит-дисперсногематитовыми) кварцитами. Книзу ее сменяет зона гематитовых кварцитов, содержащих менее 5 масс.% гематита; в количестве до 5 масс.% здесь присутствует реликтовый магнетит. Еще ниже расположена зона магнетит-содержащих (количество магнетита 5-15 масс.%) гематитовых кварцитов; затем зона мартитизированных магнетитовых кварцитов с содержанием магнетита более 15 масс.%.

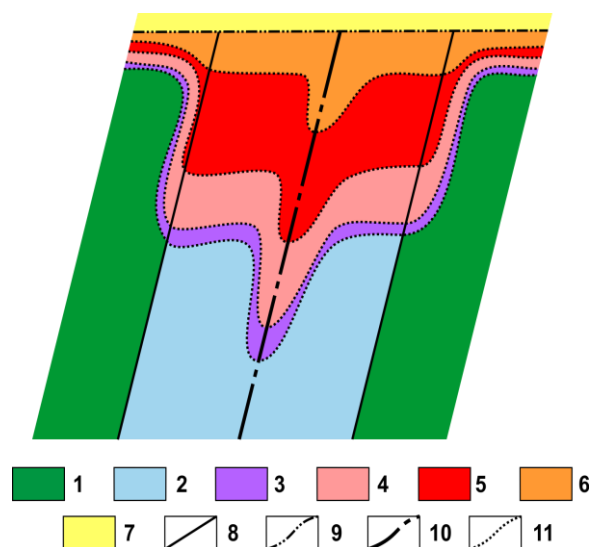


Рис. 1. Схема вертикальной минералогической зональности залежей гематитовых кварцитов четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов Склеватского и Вальякинского месторождений.

1 – породы вмещающих сланцевых горизонтов; 2 – кварциты магнетитовые невыветренные; 3-6 – зоны коры выветривания железистого горизонта: 3 – мартит-магнетитовая; 4 – магнетит-мартитовая; 5 – мартитовая; 6 – гематит-мартитовая; 7 – осадочные породы кайнозойского чехла; 8 – линии контактов стратиграфических горизонтов; 9 – линия несогласного залегания толщ горных пород; 10 – разрывные нарушения; 11 – линии контактов минералогических зон коры выветривания исходных магнетитовых кварцитов.

Горизонтальная зональность залежей гематитовых кварцитов обусловлена наследовани-

ем аутигенной минералогической зональности железистых горизонтов [2, 3, 7, 8]. Главное ее проявление – присутствие пластов мартит-железнослюдковых, железнослюдко-мартитовых кварцитов, образовавшихся в результате выветривания исходных магнетит-железнослюдковых, железнослюдко-магнетитовых кварцитов в центральных частях всех изученных железистых горизонтов. В направлениях как к лежащему, так и к висячему бокам горизонтов их сменяют пласты мартитовых (образовавшихся по первичным магнетитовым кварцитам), затем дисперсногематит-мартитовых (по силикат-карбонат-магнетитовым кварцитам) и, наконец, мартит-дисперсногематитовых кварцитов – продуктов выветривания первичных магнетит-силикат-карбонатных кварцитов. Последние в разрезах железорудных толщ постепенно переходят в каолинит-кварц-дисперсногематитовые сланцы – продукты выветривания куммингтонит-сидерит-кварц-хлоритовых и близких по составу сланцев вмещающих четвертого, пятого и шестого сланцевых горизонтов. Строения разрезов изученных трех железистых горизонтов аналогичны (рис. 2), отличаются соотношением мощностей пластов, сложенных гематитовыми кварцитами разного минерального состава.

Объект исследований авторов – маршаллитизированные гематитовые кварциты – являются продуктом эпигенетических изменений гематитовых кварцитов. Их образование связано с растворением кварца и гематита, выносом SiO_2 и Fe_2O_3 за пределы зон маршаллитизации под действием щелочных гипергенных растворов [5].

Гематитовые маршаллиты присутствуют, главным образом, в верхней части коры выветривания изученных железистых горизонтов – в границах гематит-мартитовой и мартитовой зон. Имеют значительное распространение: их количество составляет около 20% от общей массы залежей гематитовых кварцитов.

В условиях работы проектируемой промышленной обогатительной установки гематитовое сырье всех минеральных разновидностей будет поступать на рудоподготовку единым потоком.

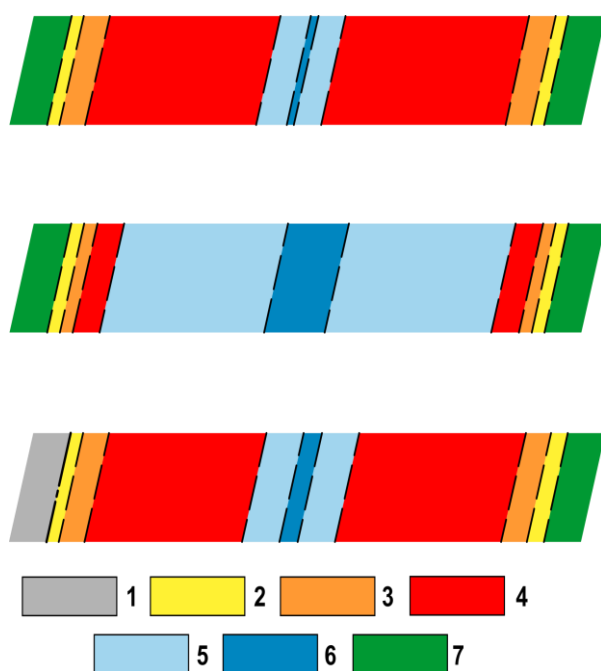


Рис. 2. Схема минералогической зональности залежей гематитовых кварцитов четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов Скелеватского и Валявкинского месторождений (на гипсометрическом уровне мартитовой зоны коры выветривания).

Стратиграфические горизонты саксаганской свиты: 4s – четвертый сланцевый; 4f – четвертый железистый; 5s – пятый сланцевый; 5f – пятый железистый; 6s – шестой сланцевый; 6f – шестой железистый; gd – гданцевская свита.

Минеральные разновидности железистых кварцитов и других горных пород: 1 – метакластолиты гданцевской свиты; 2-6 – кварциты гематитовые: 2 – мартит-железнослюдковые; 3 – железнослюдко-мартитовые; 4 – мартитовые; 5 – дисперсно-гематит-мартитовые; 6 – мартит-дисперсногематитовые и каолинит-мартит-дисперсногематитовые; 7 – сланцы каолинит-кварц-дисперсногематитовые с прослоями дисперсногематит-каолинитовых, мартит-дисперсногематит-каолинитовых кварцитов четвертого, пятого и шестого сланцевых горизонтов.

Эффективность подготовки и обогащения руд можно обеспечить, учитывая состав и физические, технические характеристики гематитового сырья, определяющие его дробимость, измельчаемость, оптимальность раскрытия выделений рудных и нерудных минералов, особенности перераспределения гематита и кварца между продуктами измельчения разного гранулометрического состава.

Для выполнения минералогических исследований и технологических испытаний авторы на разных гипсометрических уровнях отработки обоих месторождений отобрали 320 рядовых минералого-технологических проб гематитовых кварцитов разного минерального состава и происхождения. Масса каждой пробы составляла около 20 кг. Из материала каждой пробы с использованием стандартных методов были отобраны навески для изготовления прозрачных, полированных шлифов, выполнения сокращенного фазового анализа железа (определение содержания $Fe_{\text{общ}}$ и $Fe_{\text{магн}}$).

Результаты минералогических исследований и фазовых анализов железа использовались для выбора 125 наиболее представительных рядовых проб – по 25 проб неизменных гематитовых кварцитов и их слабо, средне, сильно, очень сильно маршаллитизированных разновидностей, детально охарактеризованных в ранее опубликованной работе [6]. По мнению авторов, 25 проб каждой разновидности изученных руд обеспечивало статистическую значимость выборок. Средние значения минералогических и химических показателей гематитовых кварцитов и маршаллитов изученных выборок приведены в табл. 1 и 2.

Для обеспечения сравнимости результатов минералого-технологических испытаний в число 125 изученных проб были включены пробы только тех гематитовых кварцитов и гематитовых маршаллитов, содержание в составе которых новообразованных гидроксидов железа (гетита, лепидокрокита, дисперсного гетита) было не более 5 масс.%, и реликтового магнетита также не более 5 масс.%. т. е. материал 125 проб по положению в разрезе коры выветривания изученных железистых горизонтов соответствовал промежуточной (мартито-

вой) зоне – наиболее мощной в ее вертикальном разрезе (рис. 1).

Пробы представляли все аутигенные минералогические зоны железистых горизонтов, изображенные на рис. 2. По результатам топоминералогических исследований забоев карьеров, было определено количественное соотношение минеральных разновидностей гематитовых кварцитов и маршаллитов в мартитовой зоне коры выветривания четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов Скелеватского и Валявкинского месторождений:

– неизменные гематитовые кварциты: мартит-железнослюдкового состава – 3 пробы; железнослюдко-мартитового состава – 5; мартитового – 11; дисперсногематит-мартитового 4; мартит-дисперсногематитового – 2;

– слабо маршаллитизированные гематитовые кварциты: мартит-железнослюдкового первичного состава – 3 пробы; железнослюдко-мартитового состава – 5; мартитового – 11; дисперсногематит-мартитового 4; мартит-дисперсногематитового – 2;

– средне маршаллитизированные гематитовые кварциты: мартит-железнослюдкового первичного состава – 3 пробы; железнослюдко-мартитового состава – 6; мартитового – 12; дисперсногематит-мартитового 3; мартит-дисперсногематитового – 1;

– сильно маршаллитизированные гематитовые кварциты: мартит-железнослюдкового первичного состава – 4 пробы; железнослюдко-мартитового состава – 6; мартитового – 13; дисперсногематит-мартитового 2; сильно маршаллитизированные разновидности первичных мартит-дисперсногематитовых кварцитов не выявлены;

– очень сильно маршаллитизированные гематитовые кварциты: мартит-железнослюдкового первичного состава – 5 пробы; железнослюдко-мартитового состава – 6; мартитового – 14; сильно и очень сильно маршаллитизированные разновидности первичных дисперсногематит-мартитовых и мартит-дисперсногематитовых кварцитов не выявлены.

Таблица 1.

Среднее содержание минералов в составе материала укрупненных проб гематитовых кварцитов

Минеральные разновидности гематитовых кварцитов	n	Содержание минералов, масс.%		
		гематит	кварц	другие минералы
неизменные	25	54,1	42,7	3,2
слабо маршаллитизированные	25	53,4	43,8	2,8
средне маршаллитизированные	25	50,7	46,9	2,4
сильно маршаллитизированные	25	47,5	50,8	1,7
очень сильно маршаллитизированные (кварц-гематитовая «сыпучка»)	25	45,5	53,6	0,9

n – количество определений;

другие минералы: каолинит, гетит, дисперсный гетит, кальцит, халцедон, опал, магнетит, выветренные реликтовые силикаты, карбонаты, сульфиды.

Таблица 2.

Среднее содержание железа в составе гематитовых кварцитов мартитовой зоны

Минеральные разновидности гематитовых кварцитов	n	Fe _{общ.} , масс.%	Fe _{магн.} , масс.%
неизменные	25	38,53	0,83
слабо маршаллитизированные	25	38,02	0,74
средне маршаллитизированные	25	36,12	0,57
сильно маршаллитизированные	25	33,86	0,49
очень сильно маршаллитизированные (кварц-гематитовая «сыпучка»)	25	32,21	0,27

Исходный материал для проведения экспериментов компоновался из дробленого до крупности 10-0 мм материала рядовых проб. Исходная технологическая проба неизменных гематитовых кварцитов компоновалась следующим образом. Из дробленого материала каждой рядовой пробы с использованием стандартных методов отбирались навески массой 500 г – всего 25 навесок. Затем было проведено смешивание навесок гематитовых кварцитов, относящихся к соответствующим минеральным разновидностям. После этого из объединенных навесок отбирался материал с учетом распространенности минеральных разновидностей гематитовых кварцитов в пределах мартитовой зоны. Данные о количественном соотношении разновидностей были получены при минералого-технологическом карти-

ровании забоев карьера (масс.%): кварциты мартит-железнослюдковые 11,3; кварциты железнослюдко-мартитовые 20,9; кварциты мартитовые 45,0; кварциты дисперсногематит-мартитовые 15,7; кварциты мартит-дисперсногематитовые 7,1. Полученная исходная технологическая проба неизменных гематитовых кварцитов имела массу 5 кг.

При компоновке исходной технологической пробы гематитовых маршаллитов учитывалось два обстоятельства: 1) вариативность состава гематитовых маршаллитов в разрезах железистых горизонтов на уровне мартитовой зоны; 2) степень их маршаллитизации. Количественное соотношение минеральных разновидностей гематитовых маршаллитов, по данным минералого-технологического картирования забоев карьера, показано в табл. 3.

Таблица 3.

Количественное соотношение (масс.%) минеральных разновидностей гематитовых маршаллитов мартитовой зоны (по данным минералого-технологического картирования забоев карьера).

Минеральные разновидности гематитовых кварцитов мартитовой зоны	Гематитовые маршаллиты			
	I	II	III	IV
мартит-железнослюдковые	11,5	11,8	15,6	20,4
железнослюдко-мартитовые	20,8	23,4	23,8	23,7
мартитовые	45,2	47,7	52,5	55,9
дисперсногематит-мартитовые	16,1	12,3	8,1	0,0
мартит-дисперсногематитовые	6,4	4,8	0,0	0,0
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0

I – слабо-; II – средне-; III – сильно-; IV – очень сильно маршаллитизированные.

Из материала рядовых проб каждой разновидности (слабо, средне, сильно и очень сильно маршаллитизированные гематитовые кварциты) были отобраны навески массой 500 г – всего 100 навесок. После их объединения в соответствии с данными табл. 3 были получены четыре объединенные пробы в разной степени маршаллитизированных кварцитов – каждая массой 12,5 кг. Из них отбирались навески для компоновки исходной технологической пробы гематитовых маршаллитов. Масса навесок соответствовала распространенности в разной мере маршаллитизированных гематитовых кварцитов, данные о которой были получены при минералогическом картировании забоев карьера: слабо маршаллитизированные гематитовые кварциты – 60,9%; средне- 21,3%; сильно- 12,7%; очень сильно

5,1. Полученная исходная технологическая проба гематитовых маршаллитов имела массу 5 кг.

Эксперименты по изучению перераспределения кварца и гематита по продуктам измельчения неизменных гематитовых кварцитов и гематитовых маршаллитов с разным размером частиц проводились в водной среде с использованием лабораторной шаровой мельницы 40-МЛ. Время измельчения материала обеих проб было 10 минут. Продукты измельчения под струей воды разделялись на гранулометрические фракции +0,16; -0,16+0,1; -0,1+0,05; -0,05+0 мм. Материал всех фракций высушивался, взвешивался, затем проводилось определение выхода гранулометрических фракций продуктов измельчения (табл. 4). Полученные данные близки к ранее опубликованным ре-

зультатам изучения измельчаемости гематитового сырья Скелеватского и Валявкинского месторождений [4].

Методом микроскопической рудоразборки с использованием бинокулярного микроскопа (частицы крупностью более 0,1 мм) и петрографического микроскопа (более мелкие ча-

стицы) был проведен подсчет содержания в продуктах измельчения мономинеральных частиц гематита и кварца, а также рудно-нерудных сростков кварц-гематитового и гематит-кварцевого состава.

Таблица 4.

Выходы гранулометрических фракций продуктов измельчения гематитовых кварцитов и гематитовых маршаллитов

Гранулометрические фракции, мм	Выходы материала фракций, %	
	гематитовые кварциты	гематитовые маршаллиты
+0,16	30,7	18,8
-0,16+0,1	18,5	13,5
-0,1+0,05	19,0	19,8
-0,05+0	31,8	47,9
Всего	100,0	100,0

С учетом полученных количественных соотношений кварца и гематита (объемн.%), показателей плотности минералов, гематитовых кварцитов и гематитовых маршаллитов, было определено содержание минералов в составе материала каждой фракции, выраженное в масс.% (табл. 5).

Для подтверждения полученных результатов было определено содержание рудообразующих химических компонентов в материале полученных продуктов измельчения. Результаты анализов (табл. 6) хорошо согласуются с минералогическими данными (табл. 5).

Таблица 5.

Содержание гематита и кварца (масс.%) в продуктах измельчения гематитовых кварцитов и гематитовых маршаллитов

Гранулометрические фракции, мм	Гематитовые кварциты			Гематитовые маршаллиты		
	гематит	кварц	другие минералы	гематит	кварц	другие минералы
+0,16	42,2	56,2	1,6	33,5	65,2	1,3
-0,16+0,1	45,8	52,1	2,1	38,8	59,3	1,9
-0,1+0,05	53,9	43,6	2,5	49,1	49,1	1,8
-0,05+0	57,1	37,8	5,1	64,5	32,8	2,7

Таблица 6.

Содержание рудообразующих химических компонентов (масс.%) в продуктах измельчения гематитовых кварцитов и гематитовых маршаллитов

Гранулометрические фракции, мм	Гематитовые кварциты		Гематитовые маршаллиты	
	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
+0,16	41,6	55,8	34,0	65,9
-0,16+0,1	46,4	52,6	37,6	60,0
-0,1+0,05	54,5	42,5	49,8	50,1
-0,05+0	56,7	38,4	65,2	30,9

Экспериментальные данные свидетельствуют о значительном перераспределении гематита и кварца по продуктам измельчения гематитового сырья: накоплении гематита и уменьшении количества кварца в мелкозернистых продуктах измельчения. Главная причина этого – склонность рыхлых пористых агрегатов мартита к переизмельчению.

При разработке технологии рудоподготовки гематитового сырья это необходимо учесть: разработать щадящую технологию его измельчения с постадийным выведением готового продукта из процесса измельчения и направлением его на обогащение, минуя промежуточные стадии измельчения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В., Стрыгин А.И., Мельник Ю.П., Каляев Г.И., Фоменко В.Ю., Загоруйко Л.Г., Молякко 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.

2. **Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И., Белевцев Р.Я., Возняк Д.К., Галабурда Ю.А., Галий С.А., Квасница В.Н., Кульчицкая А.А., Мельник Ю.П., Мельников В.С., Павлишин В.И., Пирогов Б.И., Туркевич Г.И.** Минералогия Криворожского бассейна // Киев: Наукова думка, 1977.– 544 с

3. **Пирогов Б.И., Стебновская Ю.М., Евтехов В.Д., Ахкозов Ю.Л., Аркос-Видадь Х.Ф., Вальтер А.А., Каталенец А.И., Кудина Л.А., Кушеев В.В., Малых В.М., Пирогова В.В., Раевская М.Б., Романищак А.А., Тарасенко В.Н., Холошин И.В., Шатрубов Л.Л., Яроцук М.А.** Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Минералогия // Киев: Наукова думка, 1989.–168 с.

4. **Прилепа Д.Н., Евтехов В.Д., Евтехова А.В.** Некоторые минералогические особенности маршалитов Южного железорудного района Криворожского бассейна // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету.– 2016.– №1 (35).– С. 15-26.

5. **Прилепа Д.М., Евтехов В.Д., Часова Е.В.** Геохімічний фактор локалізації маршалітів кори вивітрювання магнетитових кварцитів Криворізького басейну // Вісник Київського національного університету.– 2016.– №5 (75).– С. 40-44.

6. **Прилепа Д.Н., Евтехов В.Д., Евтехова А.В., Смирнов А.Я., Филенко В.В., Николаенко К.В.** Измельчаемость гематитовых маршалитов Южного железорудного района Криворожского бассейна // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету.– 2017.– №2 (38).– С. 30-43.

7. **Смирнов О.Я., Евтехов В.Д., Евтехов Е.В.** Мінералогічна неоднорідність покладів гематитових кварцитів Криворізького басейну (на прикладі Валявкинського родовища) // Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія Геологія. Географія.– 2012.– Випуск 14.– С.22-27.

8. **Ходюш Л.Я.** Аутигенно-минералогическая зональность как один из критериев расчленения и сопоставления железорудных толщ в железисто-кремнистых формациях докембрия (на примере Белозерского железорудного района) / Проблемы изучения геологии докембрия // Ленинград: Наука, 1967.– С. 243-249.

REFERENCES

1. **Belevtsev Ya.N., Tokhtuyev G.V., Strygin A.I., Melnik Yu.P., Kalyayev G.I., Fomenko V.Yu., Zagoruyko L.G., Molyavko G.I., Polovko N.I., Dovgan M.N., Ladiyeva V.D., Zhukov G.V., Epatko Yu.M., Shcherbakov B.D.** Geology of Krivoy Rog iron ore deposits (in Russian) // Kiev: Publishing House of the Academy of Sciences of the UkrSSR, 1962.– V. 1 – 484 p., v. 2 – 567 p.

2. **Lazarenko E.K., Gershoyg Yu.G., Buchinskaya N.I., Belevtsev R.Ya., Voznyak D.K., Galaburda Yu.A., Galiy S.A., Kvasnitsa V.M., Kulchitskaya A.A., Melnik Yu.P., Melnikov V.S., Pavlishin V.I., Pirogov B.I., Turkevich G.I.** Mineralogy of the Krivoy Rog basin (in Russian) // Kiev: Naukova Dumka, 1977.– 544 p.

3. **Pirogov B.I., Stebnovskaya Yu.M., Evtekhov V.D., Akhozov Yu.L., Arcos-Vidal H.F., Walter A.A., Katalenets A.I., Kudinova L.A., Kusheyev V.V., Malykh V.M., Pirogova V.V., Rayevskaya M.B., Romanshchak A.A., Tarasen-**

ko V.N., Holoshin I.V., Shatrubov L.L., Yaroshchuk M.A. Precambrian banded iron formations of the European part of the USSR. Mineralogy (in Russian) // Kyiv: Naukova Dumka, 1989.– 168 p.

4. Prylepa D.N., Evtexhov V.D., Evtexhova A.V. Some mineralogical features of marshallites of the Southern iron ore region, Krivoy Rog basin (in Russian) // Geology and mineralogy bulletin of Kryvyi Rih national university.– 2016.– No 1 (35).– P. 15-26.

5. Prylepa D.M., Evtexhov V.D., Chasova E.V. Geochemical factor of marshallites localization in magnetite quartzites crust of weathering, Kryvyi Rih basin (in Ukrainian) // Visnyk of Taras Shevchenko national university of Kyiv. Geology.– 2016.– No 4 (75).– P. 40-44.

6. Prylepa D.N., Evtexhov V.D., Evtexhova A.V., Smirnov A.Ya., Filenko V.V., Nikolayenko K.V. Grindability of hematite marshallites of the

southern iron ore region, Kryvyi Rih basin (in Russian) // Geology and mineralogy bulletin of Kryvyi Rih national university.– 2017.– No 2 (33).– P. 30-43.

7. Smirnov O.Ya., Evtexhov V.D., Evtexhov E.V. Mineralogical unevenness of hematite quartzite deposits in the Kryvyi Rih basin (evidence from Valyavko deposit) (in Ukrainian) // Dnipropetrovsk national university bulletin. Geology, geography series.– 2012.– Is. 14.– P. 22-27.

8. Khodiush L.Ya. Authigenic mineralogical zonation as one of the criteria for the breakdown and comparison of iron ore strata in the Precambrian banded iron formations (evidence from the Belozerk iron ore region) (in Russian) / Issues of studying the Precambrian geology // Leningrad: Nauka, 1967.– P. 243-249.

ПРИЛЕПА Д.М., ЄВТЄХОВ В.Д., ДЕМЧЕНКО О.С., ЄВТЄХОВ Є.В., ФІЛЕНКО В.В.
Перерозподіл гематиту й кварцу в продуктах подрібнення маршалітів Криворізького басейну.

Резюме. Гематитові маршаліти присутні в покладах гематитових кварцитів, які складають кору вивітрювання четвертого, п'ятого, шостого залізистих горизонтів Склеюватського й Валявкінського родовищ Південного залізорудного району Кривбасу. Їх кількість становить близько 20% від загальної маси покладів. Для гематитових кварцитів характерні значні коливання мінерального, хімічного складу, структури, текстури, фізичних, технічних та інших характеристик руд, які визначають їх збагачуваність.

Експериментальне вивчення перерозподілу кварцу та гематиту в продуктах подрібнення гематитової сировини виконувалось у зв'язку з розробкою мінералогічного обґрунтування ефективних технологій рудопідготовки та виробництва високоякісного гематитового концентрату.

Для виконання мінералогічних досліджень і технологічних випробувань автори відібрали 125 найбільш представницьких проб незмінених, слабо, помірно, сильно та дуже сильно маршалітизованих різновидів гематитових кварцитів.

Для проведення дослідів були підготовлені дві об'єднані проби. Проба 1 була скомпонована з рівних за масою наважок незмінених гематитових кварцитів усіх мінеральних різновидів трьох вивчених стратиграфічних горизонтів обох родовищ. Проба 2 представляла маршалітизовані гематитові кварцити, була скомпонована відповідно до поширення їх різновидів у корі вивітрювання залізистих горизонтів.

Експерименти проводились у водному середовищі з використанням лабораторного кульового млина 40-МЛ. Продукти подрібнення були розсіяні з виділенням фракцій (мм): +0,16; -0,16+0,1; -0,1+0,05 і -0,05+0. Мінералогічне вивчення продуктів розсіювання показало, що в процесі подрібнення гематитової сировини відбулось накопичення гематиту в найбільш дрібнозернистому матеріалі. Це було обумовлене схильністю крихких високопористих агрегатів мартиту

до переподрібнення. Для гематитових маршалітів це відбулось більш активно в порівнянні з незміненими гематитовими кварцитами. Вміст гематиту в матеріалі фракції $-0,05+0$ мм, отриманому з незмінених гематитових кварцитів, склав 57,1 мас.%, з гематитових маршалітів – 64,5 мас.%

Результати експериментів необхідно врахувати при розробці технології рудопідготовки гематитової сировини, передбачити щадну технологію її подрібнення з поетапним виведенням готового продукту і спрямуванням його на збагачення, минаючи наступні стадії подрібнення.

Ключові слова: залізисто-кремниста формація, Криворізький басейн, кора вивітрювання, гематитові маршаліти, подрібнення.

ПРИЛЕПА Д.Н., ЕВТЕХОВ В.Д., ДЕМЧЕНКО О.С., ЕВТЕХОВ Е.В., ФИЛЕНКО В.В. Перераспределение гематита и кварца в продуктах измельчения маршаллитов Криворожского бассейна.

Резюме. Гематитовые маршаллиты присутствуют в залежах гематитовых кварцитов, слагающих кору выветривания четвертого, пятого, шестого железистых горизонтов Скелеватского и Валявкинского месторождений Южного железорудного района Кривбасса. Их количество составляет около 20% от общей массы залежей. Для гематитовых кварцитов характерны значительные колебания минерального, химического состава, структуры, текстуры, физических, технических и других характеристик руд, которые определяют их обогатимость.

Экспериментальное изучение перераспределения кварца и гематита в продуктах измельчения гематитового сырья выполнялось в связи разработкой минералогического обоснования эффективных технологий рудоподготовки и производства высококачественного гематитового концентрата.

Для выполнения минералогических исследований и технологических испытаний авторы отобрали 125 наиболее представительных проб неизменных, слабо, умеренно, сильно и очень сильно маршаллитизированных разновидностей гематитовых кварцитов.

Для проведения опытов были подготовлены две объединенные пробы. Проба 1 была скомпонована из равных по массе навесок неизменных гематитовых кварцитов всех минеральных разновидностей трех изученных стратиграфических горизонтов обоих месторождений. Проба 2 представляла маршаллитизированные гематитовые кварциты, была скомпонована в соответствии с распространенностью их разновидностей в коре выветривания железистых горизонтов.

Эксперименты проводились в водной среде с использованием лабораторной шаровой мельницы 40-МЛ. Продукты измельчения были рассеяны с выделением фракций (мм): $+0,16$; $-0,16+0,1$; $-0,1+0,05$ и $-0,05+0$. Минералогическое изучение продуктов рассева показало, что в процессе измельчения гематитового сырья произошло накопление гематита в наиболее мелкозернистом материале. Это было обусловлено склонностью хрупких и высокопористых агрегатов мартита к переизмельчению. Для гематитовых маршаллитов это произошло значительно активнее по сравнению с неизменными гематитовыми кварцитами. Содержание гематита в материале фракции $-0,05+0$ мм, полученном из неизменных гематитовых кварцитов, составило 57,1 масс.%, из гематитовых маршаллитов – 64,5 масс.%

Результаты экспериментов необходимо учесть при разработке технологии рудоподготовки гематитового сырья, предусмотреть щадящую технологию его измельчения с поэтапным выведением готового продукта и направлением его на обогащение, минуя последующие стадии измельчения.

Ключевые слова: железисто-кремнистая формація, Криворожский басейн, кора выветривания, гематитовые маршаллиты, измельчение.

PRYLEPA D.M., EVTEKHOV V.D., DEMCHENKO O.S., EVTEKHOV E.V., FILENKO V.V.
Redistribution of hematite and quartz in products of grinding of Kryvyi Rih basin mar-
shallites.

Summary. Hematite marshallites are present in hematite quartzite deposits, which form the fourth, fifth, and sixth ferruginous horizons crust of weathering, Skelyuvatske and Valyavkynske deposits of the Kryvyi Rih South iron ore region. Their amount is about 20% of the total mass of deposits. Hematite quartzites are characterized by significant variations in the mineral, chemical composition, structure, texture, physical, technical and other characteristics of ores that cause their beneficiation.

An experimental study of the redistribution of quartz and hematite in the products of hematite raw material grinding was carried out in connection with the creation of mineralogical base for technologies of effective ore preparation and production of high-quality hematite concentrate.

To carry out mineralogical studies and technological tests, the authors selected 125 most representative samples of unchanged, weakly, moderately, strongly and very strongly marshallized varieties of hematite quartzites.

For the experiments, two combined samples were prepared. Sample 1 was composed of equal-weighted batches of unchanged hematite quartzites of all mineral varieties from three studied stratigraphic horizons of both deposits. Sample 2 represented marshallized hematite quartzites, and was arranged according to spread their varieties in the weathering crust of ferruginous horizons.

The experiments were carried out in an aqueous medium using a 40-ML laboratory ball mill. The products of grinding were sieved with the allocation of fractions (mm): +0,16; -0,16+0,1; -0,1+0,05 and -0,05+0. Mineralogical study of sieving products showed that during the grinding of hematite raw materials, hematite accumulated in the finest-grained material. This was caused by tendency of brittle highly porous aggregates of martite to overgrinding. For hematite marshallites, this happened much more actively compared to unchanged hematite quartzites. The hematite content in the material of the fraction -0,05+0 mm obtained from unchanged hematite quartzites was 57.1 wt.%, from hematite marshallites – 64.5 wt.%.

The results of the experiments must be taken into account when developing the technology of ore preparation of hematite raw materials, provide for gentle technology of its grinding with stepwise removal of the finished product and its direction for enrichment, bypassing the subsequent stages of grinding.

Key words: banded iron formation, Kryvyi Rih basin, crust of weathering, hematite marshallites, ore grinding.

Надійшла до редакції 13 вересня 2018 р.
Представила до публікації професор М.В.Рuzіна.