

УДК 549 : 553.31 (477.63)

Прилепа Д.Н., Евтехов В.Д., Евтехова А.В.

## НЕКОТОРЫЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАРШАЛЛИТОВ ЮЖНОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО РАЙОНА КРИВОРОЖСКОГО БАССЕЙНА

*Изложены результаты изучения особенностей локализации тел маршаллитов Скелеватского и Валявкинского месторождений, минерального, химического состава, структуры, текстуры маршаллитизированных железнослюдко-мартитовых, мартитовых кварцитов. Показано, что, несмотря на термодинамическую, кинетическую вариативность процесса, общей тенденцией является уменьшение в составе железистых кварцитов содержания рудных минералов (и, следовательно, содержания железа) и увеличение содержания кварца. Предложено использовать результаты минералогических исследований маршаллитов при разработке эффективной технологии производства из гематитовых кварцитов высококачественного гематитового концентрата.*

**Актуальность работы.** Породы железисто-кремнистой формации Криворожского бассейна на протяжении более 2 млрд. лет его существования в континентальных условиях испытали интенсивные гипергенные изменения [1-5, 7]. Сформировалась мощная кора выветривания железистых пород, глубина ее распространения локально превышает 2,5 км. Термодинамические условия формирования коры выветривания вызывали глубокие изменения минерального состава, структуры, текстуры железистых кварцитов и сланцев. Главным проявлением гипергенеза железистых кварцитов было замещение магнетита гематитом (мартитом); железо-содержащих силикатов, карбонатов – дисперсным гематитом с примесью каолинита; в участках наиболее интенсивного гипергенеза происходило замещение гематита гидроксидами железа – гетитом, дисперсным гетитом, лепидокрокитом. Одним из гипергенных процессов в железистых горизонтах саксаганской свиты была маршаллитизация гематитовых кварцитов [3, 6-8, 7].

На протяжении последних лет гематитовые кварциты изучаются как перспективное железорудное сырье большинства месторождений Кривбасса. Выполняются геологические, минералогические, петрографические исследования, технологические испытания гематитовых кварцитов с целью разработки эффективной технологии производства из них высококачественного железорудного концентрата. Одна из главных задач исследований – оценка степени геологической и минералогической неоднородности залежей гематитовых кварцитов, в том числе вызванной присутствием в них тел маршаллитов. В наиболее детально изученных авторами залежах Южного железорудного района Кривбасса их количество достигает 20% от общего объема залежей. Указанное определяет актуальность публикации.

**Целью** авторов этой статьи было уточнение имеющихся представлений о геологической позиции, вариативности минерального, химического состава, структуры, текстуры маршал-

литов в связи с разработкой минералогической, технологической классификаций гипергенно измененных железистых кварцитов, составлением оптимальной технологической схемы их обогащения.

**Исходный материал и методы исследований.** Полевые минералогические наблюдения проводились в техногенных обнажениях коры выветривания железисто-кремнистой формации в верхних гипсометрически горизонтах действующих и закрытых карьеров бассейна. Тела маршаллитов присутствуют повсеместно, отличаются только масштабы их проявления. Общим трендом является уменьшение распространения маршаллитов от Южного железорудного района Кривбасса (Скелеватское, Валявкинское месторождения) к Северному (Первомайское, Анновское месторождения) и Лихмановскому (Ингулецкое месторождение). Основные исследования выполнялись в коре выветривания шестого, пятого, в меньшем мере четвертого железистых горизонтов Скелеватского и Валявкинского месторождений, гематитовые кварциты которых определены исходным сырьем строящегося Криворожского горнообогатительного комбината окисленных руд (КГОКОРа). Были отобраны около 200 минералогических проб гематитовых кварцитов, в том числе их маршаллитизированных разновидностей. Неизменные и маршаллитизированные гематитовые кварциты были детально изучены: для них был определен минеральный, химический состав, структура, текстура – характеристики, контролирующие обогатимость железорудного сырья.

**Результаты исследований.** В ранее выполненных работах отмечалось, что железистые горизонты Криворожского бассейна, как и других регионов планеты, характеризуются зональным строением, которое наследуется от их аутигенной минералогической и геохимической зональности [6, 9-11]. Центральные зоны четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов в коре выветривания сложены пластами железослюдко-мартитовых кварцитов; переходные зоны – пластами мартитовых кварцитов; периферийные – дисперсногематит-мартитовых и (непосредственно в контак-

те со сланцевыми горизонтами) – мартит-дисперсногематитовых, каолинит-мартит-дисперсногематитовых кварцитов.

Изученные авторами тела маршаллитов располагаются в верхней части разреза коры выветривания четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов, преимущественно, в их центральных зонах, сложенных пластами железослюдко-мартитовых и мартитовых кварцитов (рис. 1).

Из более чем 50 изученных тел маршаллитов 42 располагались в пределах этих пластов. Шесть тел частично захватывали пласты дисперсногематит-мартитовых кварцитов, и в границах только двух тел присутствовали слабо маршаллитизированные каолинит-мартит-дисперсногематитовые кварциты.

Кроме стратиграфического и минералогического факторов, положение тел маршаллитов определял также тектонический фактор: большинство изученных тел приурочено к шарнирным частям синклинальных складок (рис. 1), участкам дисгармоничной мелкой складчатости на крыльях крупных складок (рис. 2), зонам проявления кливажа, повышенной трещиноватости, брекчирования гематитовых кварцитов, других разрывных нарушений.

Одно из главных проявлений маршаллитизации – частичное растворение кристаллов кварца и гематита, сопровождающееся выносом кремнезема и оксида железа за пределы зон маршаллитизации. Это обуславливает изменение минерального и химического состава гематитовых кварцитов, их структуры и текстуры.

**Текстура** неизменных железослюдко-мартитовых, мартитовых кварцитов крипто- (0-2 мм), тонко- (2-5 мм), средне- (5-10 мм), реже широкослоистая (10-20 мм), изредка грубослоистая (20-50 мм), обусловленная чередованием рудных (кварц-мартитовых, железослюдко-кварц-мартитовых, иногда мономинеральных мартитовых) и нерудных (железослюдко-кварцевых, кварцевых) прослоев. Цвет рудных прослоев темный синевато-серый до черного. Цвет нерудных прослоев серебристо-серый при условии присутствия крупночешуйчатой железной слюдки (рис. 3а) или тем-

нокрасный, если мелкие (обычно менее 0,01 мм) чешуйчатые кристаллы железной слюдки образуют мелкую вкрапленность в кристаллах и агрегатах кварца (рис. 3б).



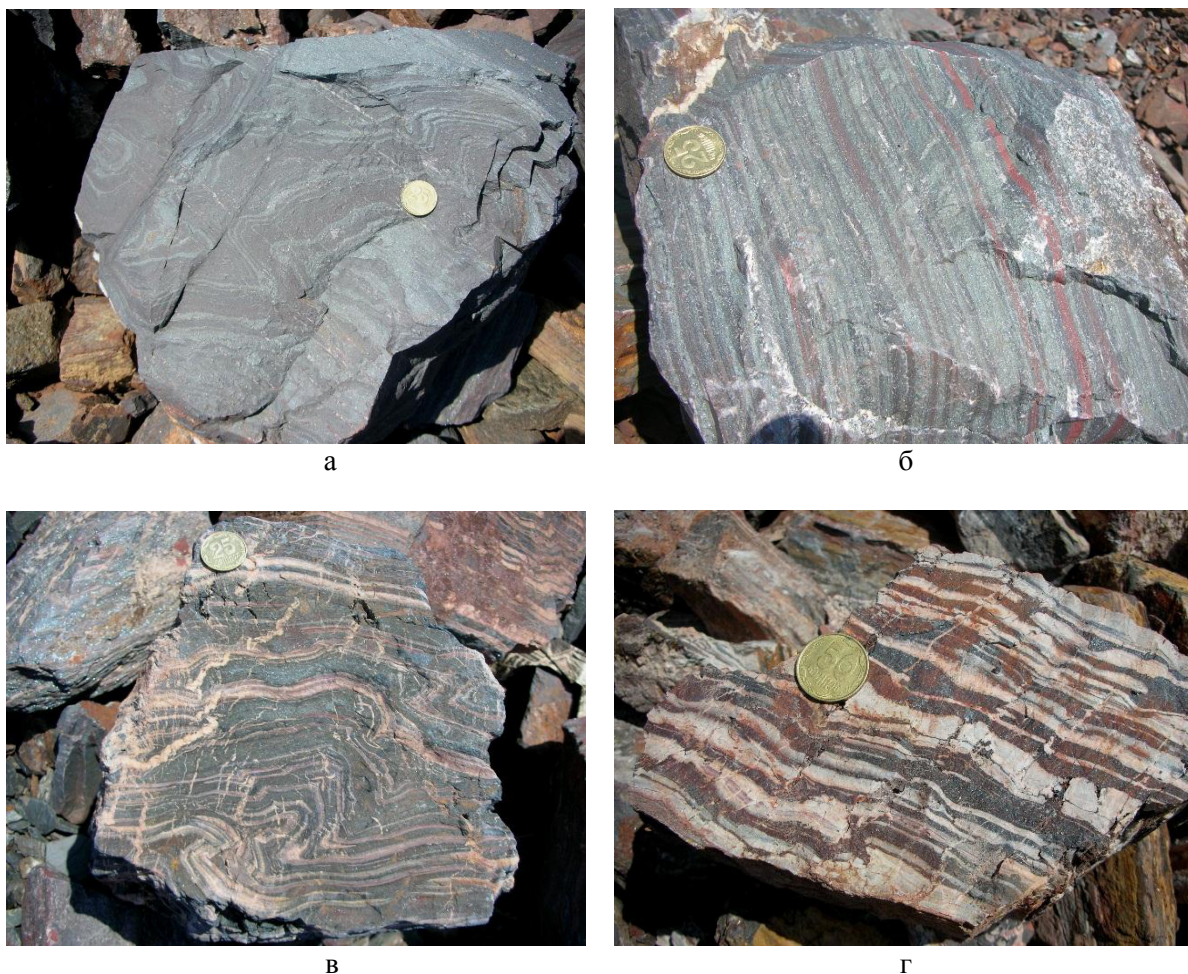
*Рис. 1. Тела маршаллитизированных мартитовых кварцитов шестого железистого горизонта Скелеватского месторождения (осветленные части пластов), пространственно тяготеющие к шарнирам синклинальных складок.*

*Карьер Южного ГОКа; северный борт; уступ +45 м.*



*Рис. 2. Ветвистые, петельчатые проявления маршаллитизации железнослюдко-мартитовых кварцитов пятого железистого горизонта Скелеватского месторождения в участке их дисгармоничной мелкой складчатости.*

*Карьер Южного ГОКа; северный борт; уступ +15 м.*



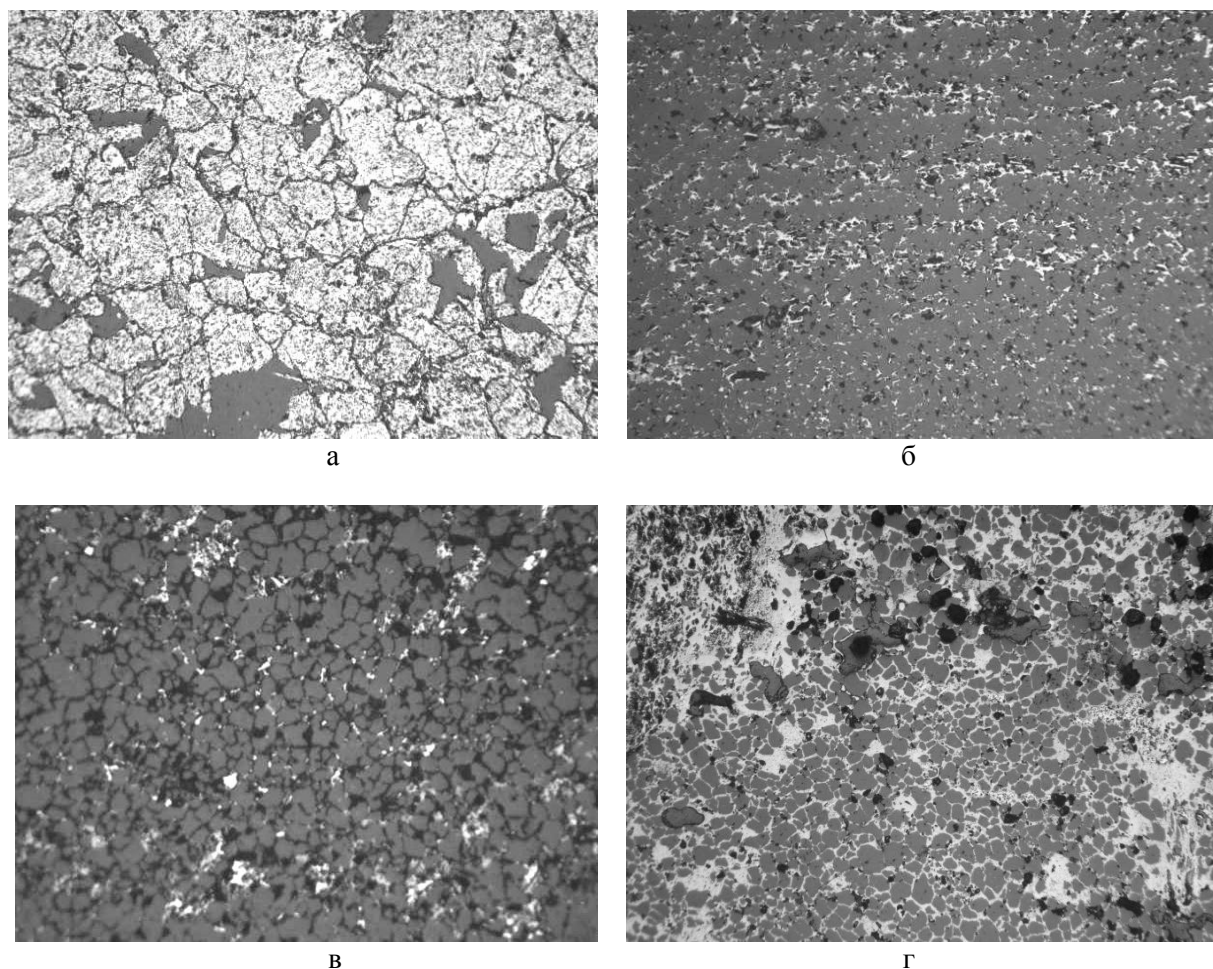
*Рис. 3. Неизменные железослюдко-мартитовые (а), мартитовые (б) кварциты и в разной степени маршаллитизированные их разновидности (в, г) шестого железистого горизонта Вальявкинского месторождения.*

В количественном отношении преобладают нерудные прослои (55-60% общего объема породы); объем рудных прослоев составляет 40-45%. Повсеместно проявлены также другие характерные для гипергенных образований текстуры – кавернозная, пористая, трещиноватая, прожилковая.

Маршаллитизированные гематитовые кварциты в общих чертах наследуют текстуру исходных магнетитовых кварцитов. Сохраняется темный, синевато-серый до черного цвет рудных прослоев (рис. 3в, г). Цвет нерудных прослоев осветляется – до практически белого в случае интенсивной маршаллитизации (рис.

3в, г). В последнем случае отмечается также увеличение мощности нерудных и уменьшение мощности рудных прослоев (рис. 3г).

**Структура** маршаллитизированных железослюдко-мартитовых, мартитовых кварцитов в общих чертах также унаследована от их неизменных разновидностей. Структура рудных прослоев ленточная, блоковая (рис. 4а), ветвистая, ветвисто-вкрапленная, реже вкрапленная, сохранившаяся от первичных магнетитовых кварцитов и продуктов их гипергенных изменений – гематитовых кварцитов.



**Рис. 4.** Особенности минерального состава и структуры рудных (а) и нерудных (б-г) прослоев исходных (а, б) и маршаллитизированных (в, г) гематитовых кварцитов шестого железистого горизонта Валявкинского месторождения.

а – блоковые и ветвисто-блоковые агрегаты мартита (белое) в рудном прослое среднеслоистого железнослюдко-мартитового кварцита; темносерое – кварц;

б – пойкилобластовая, петельчатая структура нерудного прослоя краснослоистого мартитового кварцита, обусловленная относительно равномерным распределением мелких чешуйчатых включений железной слюдки (белое) в агрегатах кварца (темносерое); черное – поры;

в – пористая текстура нерудного прослоя маршаллитизированного мартитового кварцита, образование которой связано с частичным растворением кристаллов кварца (темносерое) с периферии; белое – железная слюдка; черное – поры;

г – петельчатая текстура нерудного прослоя гетит-мартитового кварцита – результат заполнения пустот маршаллита гетитом (серое); белое – мартит и железная слюдка, темно-серое – кварц; черное – поры.

Отраженный свет; без анализатора; увеличение 30<sup>x</sup>.

Структура нерудных прослоев как неизменных, так и маршаллитизированных гемати-

товых кварцитов пойкилобластовая, лепидогранобластовая, обусловленная присутствием

в агрегатах кварца включений разного размера чешуйчатых кристаллов железной слюдки (рис. 4б, в). Отличие состоит в часто наблюдающейся округленности индивидов кварца нерудных прослоев (рис. 4в) в связи с их час-

тичным растворением по периферии. В самых верхних (гипсометрически) частях тел маршалитов иногда отмечается заполнение этих полостей гетитом с образованием петельчатых структур (рис. 4г).

Таблица 1.

Средний минеральный состав (мас.%) неизменных и маршаллитизированных Гематитовых кварцитов четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов Скелеватского и Валявкинского месторождений

минералы	железнослюдко-мартитовые кварциты, мас.%		мартитовые кварциты, мас.%	
	1	2	3	4
гематит	52,94	48,83	51,13	48,12
в том числе: <i>мартит</i>	38,31	36,05	46,44	44,07
железная слюдка	14,48	12,67	4,51	3,88
дисперсный гематит	0,15	0,11	0,18	0,17
магнетит	0,93	0,72	1,08	0,94
гидроксиды железа	4,87	4,51	4,42	4,29
в том числе: <i>гетит</i>	4,24	3,99	3,81	3,61
дисперсный гетит	0,15	0,10	0,19	0,21
лепидокрокит	0,48	0,42	0,42	0,47
минералы группы кварца,	40,05	45,12	41,94	45,8
в том числе: <i>кварц</i>	39,73	44,75	41,53	45,36
<i>халцедон</i>	0,29	0,32	0,36	0,36
<i>опал</i>	0,03	0,05	0,05	0,08
реликтовые силикаты ( <i>гипергенно измененные куммингтонит, биотит, хлорит, железистый тальк (миннесотаит), гранат, селадонит, стильпно melan, альбит, магнезиорибекит и др.</i> )	0,11	0,07	0,17	0,12
новообразованные силикаты ( <i>каолинит, монтмориллонит, бейделлит, гидробиотит и др.</i> ) – расчетные данные	0,06	0,05	0,11	0,09
реликтовые железистые карбонаты ( <i>сидерит, сидероплезит, пистомезит и др.</i> )	0,05	0,03	0,09	0,07
новообразованные безжелезистые или маложелезистые карбонаты ( <i>кальцит, доломит, ферродоломит, арагонит, хантит и др.</i> )	0,78	0,51	0,82	0,38
реликтовые сульфиды ( <i>пирит, пирротин, халькопирит и др.</i> )	0,02	0,01	0,04	0,01
апатит	0,01	0,01	0,01	0,01
другие минералы ( <i>циркон, турмалин, ярозит, копиапит, гипс и др.</i> )	0,18	0,14	0,19	0,17
<b>Всего</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Количество определений</b>	<b>42</b>	<b>24</b>	<b>51</b>	<b>26</b>

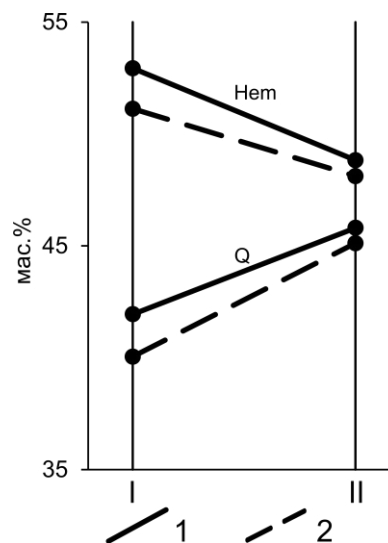
1 – неизменные железнослюдко-мартитовые кварциты; 2 – маршаллитизированные железнослюдко-мартитовые кварциты; 3 – неизменные мартитовые кварциты; 4 – маршаллитизированные мартитовые кварциты.

**Минеральный состав.** Образование железнослюдко-мартитовых и мартитовых кварцитов происходило в процессе выветривания исходных железнослюдко-магнетитовых и магнетитовых кварцитов, состоящих, практически, из трех рудообразующих минералов – кварца, магнетита, железной слюдки (табл. 1).

Кварц и железная слюдка в ходе выветривания сохраняли относительную устойчивость по отношению к действию гипергенных факторов. Магнетит, основной минерал рудных прослоев испытывал практически полное замещение мартитом, изредка отмечаются мелкие (как правило, не более 0,03 мм) ксеноморфные его реликты в центральных частях агрегатов мартита. В связи с маршаллитизацией минеральный состав железнослюдко-мартитовых и мартитовых кварцитов сохранялся, незначительно изменялось только количественное соотношения рудообразующих минералов. Другие минералы (реликтовые и новообразованные силикаты и карбонаты) представлены незначительно – содержание каждого не превышает 1 мас.%. В верхних (гипсометрически) горизонтах коры выветривания в составе неизменных и маршаллитизированных гематитовых кварцитов в количестве не более 5 мас.%, присутствуют гетит и другие гидроксиды железа – дисперсный гетит, лепидокрокит.

Общей закономерностью является снижение содержания гематита в составе выветренных железистых кварцитов при маршаллитизации (рис. 5). В деталях этот процесс не является однонаправленным: локально отмечается повышение содержания гематита с образованием маломощных тел т.н. «гематитовой сыпучки».

**Химический состав.** Качество железных руд месторождений Криворожского бассейна принято оценивать по данным сокращенного фазового анализа железа – по общему содержанию в их составе железа ( $Fe_{общ.}$ ) и по содержанию в них железа, входящего в состав магнетита ( $Fe_{магн.}$ ). Анализы выполнялись в химической лаборатории Государственной инспекции «ГИК Южруда» (табл. 2).



**Рис. 5.** Изменение содержания гематита и кварца в составе гематитовых кварцитов четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов Скелеватского и Валявкинского месторождений в связи с маршаллитизацией.

I – железнослюдко-мартитовые кварциты; 2 – мартитовые кварциты.

I – неизменные гематитовые кварциты; II – их маршаллитизированные разновидности.

Как видно, от неизменных к маршаллитизированным разновидностям гематитовых кварцитов отмечается снижение общего содержания железа на 1-2,5 мас.%. Снижается также содержание  $Fe_{магн.}$ : в составе исходных железнослюдко-мартитовых, мартитовых кварцитов среднее значение этого показателя около 1 мас.%, в составе же продуктов их маршаллитизации – в 1,5-3 раза ниже. Т.о. результаты химических анализов подтверждают данные табл. 1 об общей тенденции к снижению количества рудных минералов в составе гематитовых кварцитов в связи с их маршаллитизацией.

Однако, как отмечалось выше, были выявлены также точки локального повышения общего содержания железа в составе маршаллитизированных гематитовых кварцитов до 50

мас.%. Это свидетельствует о том, что, в относительно редких случаях происходила инверсия термодинамических условий и кинетики процесса, вследствие чего активность растворения кварца и выноса кремнезема превышала

соответствующие показатели гематита и оксида железа. В связи с разрушением кварцевой матрицы гематитовых кварцитов и накоплением гематита происходило образование рудных «сыпучек» (рис. 6).

Таблица 2.

Средние значения общего содержания железа и содержания железа, входящего в состав магнетита неизменных и маршаллитизированных железнослюдко-мартитовых и мартитовых кварцитов

Химические компоненты	Железнослюдко-мартитовые кварциты		Мартитовые кварциты	
	1	2	1	2
Склеватское месторождение				
Fe <sub>общ.</sub>	39,33	38,09	38,69	37,53
Fe <sub>магн.</sub>	1,13	0,77	1,06	0,85
Количество определений	43	27	52	29
Валявкинское месторождение				
Fe <sub>общ.</sub>	39,17	37,07	38,81	36,23
Fe <sub>магн.</sub>	0,7	0,26	1,12	0,29
Количество определений	39	25	44	27

1 – неизменные гематитовые кварциты; 2 – маршаллитизированные их разновидности.



Рис. 6. Рудная «сыпучка» – один из продуктов маршаллитизации железнослюдко-мартитового кварцита Валявкинского месторождения.

Карьер №3 ГОКа комбината «Арселор-Миттал Кривой Рог», северо-восточный борт, уступ +15 м.

### Выводы

1. Гематитовые кварциты, являющиеся продуктом выветривания магнетитовых кварцитов железистых горизонтов саксаганской

свиты, образуют крупные залежи в границах Склеватского и Валявкинского месторождений Южного железорудного района Криворожского бассейна. В геологическом отношении оба месторождения представляют собой единое рудное поле. Залежи гематитовых кварцитов вскрыты в карьере Южного ГОКа и карьере №3 ГОКа комбината «АрселорМиттал Кривой Рог».

2. Максимальная мощность коры выветривания (до более 1000 м) характерна для шестого, пятого и четвертого железистых горизонтов; для третьего, второго и первого железистых горизонтов значение этого показателя не превышает 100 м. С этим связано определение коры выветривания шестого, пятого и четвертого железистых горизонтов продуктивной толщей строящегося Криворожского ГОКа окисленных руд (КГОКОРа).

3. Для залежей гематитовых кварцитов характерна неоднородность по минеральному, химическому составу, структуре, текстуре – характеристикам, которые определяют их физические, технические, технологические показатели. Одним из проявлений вариативности состава и строения залежей является присутствие в них тел маршаллитов. Общее количе-



ство маршаллитизированных гематитовых кварцитов достигает 20% от общего объема залежей обоих месторождений.

4. Общим минералогическим трендом маршаллитизации гематитовых кварцитов является частичное растворение кварца с выносом кремнезема, сопровождаемое также частичным растворением гематита и выносом оксида железа. Общее содержание железа в составе руд при этом уменьшается на 1-2,5 мас. %.

5. Локально отмечаются участки, в границах которых вынос кремнезема происходил намного активнее выноса оксида железа. В таких условиях формировались тела гематитовой «сыпучки», содержание железа в составе которой достигает 50 мас. %.

6. С маршаллитизацией связаны также заметные изменения структуры, текстуры и, как следствие, физических свойств гематитовых кварцитов, которые определяют их технические характеристики и обогатимость. В связи с этим результаты минералогических исследований необходимо учитывать при разработке оптимальной технологии производства из гематитовых кварцитов высококачественного железорудного концентрата.

#### ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. **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.

1. **Belevtsev Ya.N., Kravchenko V.M., Kulik D.A., e. a.** [Zhelezisto-kremnistye formatsii dokembriya yevropeiskoy chasti SSSR. Genезis zheleznyh rud (in Russian)] Precambrian banded iron formations of the European part of the USSR. Iron ores genesis // Kiev: Naukova dumka, 1991.– 215 p.

2. **Белевцев Я.Н., Кулик Д.А., Коржнев М.Н. и др.** Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Железонакопление в докембрии // Киев: Наукова думка, 1992.– 228 с.

2. **Belevtsev Ya.N., Kulik D.A. Korzhnev M.N., e. a.** [Zhelezisto-kremnistye formatsii dokembriya yevropeiskoy chasti SSSR. Zhelezonakopleniye v dokembrii (in Russian)] Precam-

brian banded iron formations of the European part of the USSR. Precambrian iron accumulation // Kiev: Naukova dumka, 1992.– 228 p.

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

3. **Belevtsev Ya.N., Tokhtuyev G.V., Strygin A.I., e. a.** [Geologiya krivorozhskih zhelezorudnyh mestorozhdeniy (in Russian)] Geology of Kryvyi Rih iron ore deposits // Kiev: Publishing House of UkrSSR Academy of Sciences, 1962.– V. 1.– 484 p., V. 2.– 567 p.

4. **Додатко А.Д.** Послеархейские эпохи кооробразования на территории Украинского щита // Доклады АН УССР. Серия Б.– 1979.– №2.– С. 83-87.

4. **Dodatko A.D.** [Poslearheyskiye epohi ko-roobrazovaniya na territorii Ukrainского shchita (in Russian)] Post-Achaean eras of crust of wesering formation along the territory of the Ukrainian Shield // Reports of the Academy of Sciences of the UkrSSR. Series B.– 1979.– №2.– P. 83-87.

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

5. **Evtekhov V.D.** [Etapy formuvannya kompleksnoї mineralno-sirovynnoї bazy zalizorudnyh rodovyshch Kryvorizko-Kremenchut'skogo lineamentu (in Ukrainian)] Stages of formation of complex mineral raw material base of iron ore deposits of Kryvyi Rih-Kremenchuk lineament // Journal of Mining Academy of Sciences of Ukraine.– 1997.– №4.– P 111-114.

6. **Євтехова А.В., Смірнов О.Я., Прилепа Д.М.** Варіативність хімічного складу гематитових кварцитів Валякинського родовища (Криворізький басейн) / Сталій розвиток промисловості та суспільства. Геологія, прикладна мінералогія, екологія. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Кривий Ріг, 22-25 травня 2012 р. // Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2012.– С. 66-71.

6. **Evtekhova A.V., Smirnov O.Ya., Prylepa D.M.** [Variatyvnist himichnogo skladu hema-

titovyh kvartsytiv Valyavkynskogo rodovyshcha (Kryvorizkyi baseyn) (in Ukrainian)] Variability of chemical composition of hematite quartzites from Valyavkynske deposit (Kryvyi Rih basin) / Sustainable development of industry and society. Geology, applied mineralogy, ecology. Proceedings of international scientific-technical conference. Kryvyi Rih, 22-25 May 2012 // Kryvyi Rih: Kryvyi Rih national university, 2012.– P. 66-71.

7. **Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. и др.** Минералогия Криворожского бассейна // Киев: Наукова думка, 1977.– 544 с.

7. **Lazarenko E.K., Gershoyg Y.G., Buchinskaya N.I., et al.** [Mineralogiya Krivorozhskogo basseina (in Russian)] Mineralogy of Krivoy Rog basin // Kiev: Naukova dumka, 1977.– 544 p.

8. **Мартынченко Л.И., Попов Е.А., Татунь Г.Т. и др.** Основные закономерности формирования коры выветривания железистых пород Кривого Рога // Геология рудных месторождений.– 1971.– №5.– С. 87-97.

8. **Martynenko L.I., Popov E.A., Tatun G.T., et al.** [Osnovnyye zakonoternosti formirovaniya kory vyvetrivaniya zhelezistykh porod Kryvogo Roga (in Russian)] Basic laws of formation the crust of weathering of Krivoy Rog ferruginous rocks // Geology of ore deposits (Moscow).– 1971.– №5.– P. 87-97.

9. **Смірнов О.Я., Євтехов В.Д., Євтехов Є.В.** Мінералогічна неоднорідність покладів гематитових кварцитів Криворізького басейну (на прикладі Валявкінського родовища) // Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія геологія, географія.– 2012.– Вип. 14.– С. 22-27.

9. **Smirnov O.Ya., Evtexov V.D., Evtexov E.V.** [Mineralogichna neodnoridnist pokladiv hematitovyh kvartsytiv Kryvorizkogo baseynu (na prykladi Valyavkynskogo rodovyshcha) (in Ukrainian)] Mineralogical heterogeneity of hematite quartzites deposits in Kryvyi Rih basin (at the example of Valyavkynske deposit) // Bulletin of Dnipropetrovsk national university. Geology, geography series.– 2012.– N. 14.– P. 22-27.

10. **Страхов Н.М.** Основы теории литогенеза // Москва: Изд. АН СССР, 1962.– Т. 2.– 575 с.

10. **Strakhov N.M.** [Osnovy teorii litogeneza (in Russian)] Basics of lithogenesis theory // Moscow: Publishing House of USSR Academy of Sciences, 1962.– V. 2.– 575 p.

11. **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. 243-24

11. **Hodyush L.Ya.** [Autigenno-mineralogicheskaya zonalnost kak odin iz kriteriyev raschleneniya i sopostavleniya zhelezorudnyh tolshch v zhelezisto-kremnistykh formatsiyah dokembriya (na primere Belozerskogo zhelezorudnogo rayona) (in Russian)] Authigenic-mineralogical zoning as one of the criteria for differentiation and comparison of iron ore masifs in banded iron formations of the Precambrian (at the example of Belozerskyi iron ore region) / Issues of the Precambrian geology studies // Leningrad: Nauka, 1967.– P. 243-249.

### **ПРИЛЕПА Д.М., ЄВТЕХОВ В.Д., ЄВТЕХОВА А.В. Деякі мінералогічні особливості маршалітів Південного залізорудного району Криворізького басейну.**

**Резюме.** Гематитові кварцити (бідні гематитові руди) є продуктом вивітрювання магнетитових кварцитів, які складають залізисті горизонти саксаганської світи, утворюють крупні поклади в межах Скелюватського та Валявкінського родовищ Південного залізорудного району Криворізького басейну. Максимальна вертикальна потужність їх покладів (понад 1000 м) характерна для шостого, п'ятого й четвертого залізистих горизонтів обох родовищ. Поклади гематитових кварцитів неоднорідні за мінеральним, хімічним складом, структурою, текстурою. Одним з проявів варіативності складу та будови покладів є присутність у них тіл мар-

шалітів, кількість яких досягає 20% від об'єму покладів. Загальний мінералогічний тренд маршалітизації гематитових кварцитів полягає в частковому розчиненні кварцу з винесенням кремнезему, яке супроводжується також частковим розчиненням гематиту та винесенням оксиду заліза. Загальний вміст заліза в складі руд при цьому зменшується від 38-40 до 36-38 мас.%. Локально відзначаються ділянки, в межах яких винесення кремнезему відбувалось набагато активніше винесення оксиду заліза. В таких умовах формувались тіла гематитової «сыпучки», вміст заліза в складі якої часто перевищує 50 мас.%. Маршалітизація супроводжувалась також помітними змінами структури, текстури гематитових кварцитів – характеристик, які визначають фізичні, технічні, технологічні показники залізородної сировини. В зв'язку з цим результати мінералогічних досліджень необхідно враховувати при розробці оптимальної технології виробництва з гематитових кварцитів високоякісного залізородного концентрату.

**Ключові слова:** залізо-кремниста формація, Криворізький басейн, гематитові кварцити, маршаліти, мінералогія, петрохімія.

### **ПРИЛЕПА Д.Н., ЕВТЕХОВ В.Д., ЕВТЕХОВА А.В. Некоторые минералогические особенности маршаллитов Южного железорудного района Криворожского бассейна.**

*Резюме.* Гематитовые кварциты (бедные гематитовые руды) являются продуктом выветривания магнетитовых кварцитов, которые слагают железистые горизонты саксаганской свиты, образуют крупные залежи в границах Скелеватского и Валявкинского месторождений Южного железорудного района Криворожского бассейна. Максимальная вертикальная мощность их залежей (более 1000 м) характерна для шестого, пятого и четвертого железистых горизонтов обоих месторождений. Залежи гематитовых кварцитов неоднородны по минеральному, химическому составу, структуре, текстуре. Одно из проявлений вариативности состава и строения залежей состоит в присутствии в них тел маршаллитов, количество которых достигает 20% от объема залежей. Общим минералогическим трендом маршаллитизации гематитовых кварцитов является частичное растворение кварца с выносом кремнезема, сопровождаемое также частичным растворением гематита и выносом оксида железа. Общее содержание железа в составе руд при этом уменьшается от 38-40 до 36-38 мас.%. Локально отмечаются участки, в границах которых вынос кремнезема происходил намного активнее выноса оксида железа. В таких условиях формировались тела гематитовой «сыпучки», содержание железа в составе которой часто превышает 50 мас.%. Маршаллитизация сопровождалась также заметными изменениями структуры, текстуры гематитовых кварцитов – характеристик, которые определяют физические, технические, технологические показатели железорудного сырья. В связи с этим результаты минералогических исследований необходимо учитывать при разработке оптимальной технологии производства из гематитовых кварцитов высококачественного железорудного концентрата.

**Ключевые слова:** железисто-кремнистая формація, Криворожский бассейн, гематитовые кварциты, маршаллиты, мінералогія, петрохімія.

### **PRYLEPA D.M., EVTEKHOV V.D., EVTEKHOVA A.V. Some mineralogical features of marshallites from the Southern iron ore region of the Kryvyi Rih basin.**

*Summary.* Rocks of banded iron formation of the Kryvyi Rih basin have been experiencing intense hypergene changes for more than 2 billion years of their existence in continental conditions. A thick weathering crust of ferruginous rocks of the Saksagan suite has been formed, the depth of its distribution locally exceeds 2.5 km. Changes in the mineral composition, structure, texture of magnetite quartzites and schists have taken place in the weathering crust. Replacing magnetite with hematite (martite);

*iron-containing silicates, carbonates with dispersive hematite were their main manifestations. The micaceous hematite and quartz were relatively stable. Replacement of hematite with iron hydroxides such as goethite, dispersed goethite, lepidocrocite took place at the areas of the most intense weathering.*

*In recent years, hematite quartzites have been studied as a promising iron ore raw material of the majority of the basin deposits. Geological, mineralogical, petrographic studies, technological tests have been conducted.*

*Hematite quartzites form large deposits within the boundaries of Skelyuvatske and Valyavkynske deposits located in the southern region of Kryvyi Rih iron ore basin. Geologically, both deposits represent a single ore field. The total reserves of hematite raw materials of both deposits are more than 1 billion tons.*

*Maximum thickness of the crust of weathering of ferruginous quartzite (up to 1000 m) is typical for the sixth, fifth and fourth ferruginous horizons of the Saksagan suite of both deposits. For the third, second and first ferruginous horizons the value of this index does not exceed 100 m. Studies of deposits of ferruginous quartzite of the sixth to fourth ferruginous horizons, altered in a hypergene way, as a source of raw materials for the complex producing high-quality hematite concentrate are related to this.*

*Heterogeneity in mineral, chemical composition, structure, texture, physical, technical, technological parameters is typical for the deposits of hematite quartzites. One of the manifestations of variability in composition and structure of deposits is the presence of marshallites bodies. Number of marshallitized hematite quartzites reaches 20% of the total volume at both deposits.*

*General mineralogical trend of hematite quartzites marshallitization is a partial dissolution of quartz and silica subtraction. These phenomena are also accompanied by partial dissolution of hematite and iron oxide subtraction. And the total iron content in the ore is reduced by 1-2.5 mass.% which is from 38-40 to 36-38 mass.%.*

*There are areas within which silica subtraction occurred much more actively than one of iron oxide in places. In such circumstances, bodies of running hematite ores with iron content exceeds 50 mass.% were formed.*

*Marshallitization was also followed with noticeable changes in the structure, texture, physical properties of hematite quartzites and, as a result, in their durability, dressability. In this regard, the results of mineralogical studies of hematite quartzites, including their marshallitized varieties, must be considered when designing the optimal hematite concentrate production technology.*

**Key words:** iron banded formation, Kryvyi Rih basin, hematite quartzites, marshallites, mineralogy, petrochemistry.

*Надійшла до редакції 20 березня 2015 р.  
Представив до публікації проф. Б.І.Пирогов.*