

О. Я. Смірнов, Є. В. Євтехов, В. Д. Євтехов

*Криворізький національний університет*

## МІНЕРАЛОГІЧНА НЕОДНОРІДНІСТЬ ПОКЛАДІВ ГЕМАТИТОВИХ КВАРЦИТІВ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ (НА ПРИКЛАДІ ВАЛЯВКИНСЬКОГО РОДОВИЩА)

Розглянуті особливості вертикальної і горизонтальної мінералогічної зональності покладів гематитових кварцитів Валявкінського родовища. Показані особливості зміни вмісту гематиту, магнетиту в розрізах покладів. Доведений зв'язок зональності покладів гематитових руд з аутигенною зональністю в горизонтальному розрізі і вертикальній зональності кори вивітрювання.

*Ключові слова:* Валявкінське родовище, гематитові кварцити, зональність.

Рассмотрены особенности вертикальной и горизонтальной минералогической зональности залежей гематитовых кварцитов Валявкинского месторождения. Показаны особенности изменения содержания гематита, магнетита в разрезах залежи. Доказана связь зональности залежей гематитовых руд с аутигенной зональностью в горизонтальном разрезе и вертикальной зональности коры выветривания.

*Ключевые слова:* Валявкинское месторождение, гематитовые кварциты, зональность.

It is considered the special features of vertical and horizontal mineralogical zoning of hematite quartzite deposits in Valyavkinsky field. It is shown the peculiarity of changes in cutting deposit content of hematite and magnetite. It is proved the link of zoning of hematite are deposits with authigenic zoning of ironing horizons of Saksahan formation.

*Key words:* Valyavkinsky field, hematite quartzite, zoning.

Валявкінське родовище бідних залізних руд є мінерально-сировинною базою гірничо-збагачувального комплексу комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг». Кар'єром №3, який входить до складу комплексу, розробляється поклад магнетитових кварцитів четвертого залізного горизонту саксаганської світи. На збагачувальних фабриках комплексу методом «мокрої» магнітної сепарації з магнетитових кварцитів виробляють концентрат з вмістом заліза близько 65 мас. %.

Четвертий залізистий горизонт, який займає центральну частину кар'єру, по Валявкінському розлому контактує з шостим залізистим горизонтом, розкритим у східному борті кар'єру. Магнетитові кварцити обох стратиграфічних горизонтів зазнали вивітрювання, внаслідок чого були заміщені гематитовими (так званими «окисленими») кварцитами. Гіпергенні зміни проявлені до глибини 300 – 500 м у розрізі шостого залізного горизонту і до глибини 150 – 210 м у розрізі четвертого залізного горизонту. Гематитовими кварцитами до глибини 350 – 500 м складений також п'ятий залізистий горизонт. Але до глибини 250 – 350 м він зрізаний Валявкінським розломом і присутній на геологічних розрізах родовища нижче сучасної глибини його розкриття кар'єром №3 [2].

Протягом останніх років вивчається питання розширення мінерально-сировинної бази Валявкінського родовища (як і багатьох інших родовищ Криворізького басейну) за рахунок залучення до видобутки і збагачення гематитових кварцитів. У поточний час гематитові кварцити видобувають у східному борті кар'єру №3 як скельну розкритну породу і нагромаджують у спеціально організованих складах. За участю авторів у Криворізькому національному університеті розроблена низьковитратна в енергетичному і сировинному

відношеннях комбінована магнітно-гравітаційна технологія виробництва з гематитових кварцитів концентрату з вмістом заліза 67 – 68 мас. %.

Дослідження гематитових кварцитів проводяться в геологічному, мінералогічному, геохімічному, технологічному напрямках. Важливе значення для оцінки якості гематитових кварцитів як залізорудної сировини, встановлення закономірностей варіацій їх складу мають результати вивчення мінералогічної і хімічної неоднорідності покладів бідних гематитових руд. У процесі геологічних і мінералогічних досліджень виявлені декілька проявів неоднорідності складу бідних гематитових руд. Найбільш важливі з них – наявність вертикальної і горизонтальної мінералогічної зональності покладів.

У вертикальному розрізі розкритих у кар'єрі №3 покладів четвертого і шостого залізистих горизонтів виділяються чотири мінералогічні зони (згори донизу за розрізом): 1) гетит-гематитова; 2) гематитова; 3) магнетит-гематитова; 4) гематит-магнетитова. Остання з глибиною поступово переходить у поклади незмінених магнетитових кварцитів четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів.

Гематит-магнетитова зона кори вивітрювання є зоною початкових гіпергенних змін первинних магнетит-залізнослюдкових, залізнослюдко-магнетитових, магнетитових, силікат-магнетитових і магнетит-силікатних кварцитів. В її межах спостерігається початкове заміщення магнетиту мартитом, а залізо-вмісних силікатів і залізистих карбонатів – дисперсним гематитом. У забоях кар'єру №3 ця зона фіксується лише в розрізі четвертого залізистого горизонту. В розрізі шостого залізистого горизонту вона розташована нижче сучасного рівня ведення гірничодобувних робіт, і в зв'язку з цим у кар'єрі не розкрита. Вертикальна потужність гематит-магнетитової зони в різних ділянках родовища коливається від 15 до 45 м. Верхній її контакт із магнетит-гематитовою зоною має відносно просту форму. Межа зон фіксується за вмістом магнетиту: для руд магнетит-гематитової зони цей показник становить від 5 до 15 мас. %, для руд гематит-магнетитової зони він перевищує 15 мас.%. Кількість новоутвореного мартиту в складі руд цієї зони коливається від 5 до 15 мас. %, зазвичай не перевищує 8 – 10 мас. %, кількість дисперсного гематиту незначна – близько 0,3 мас. % (табл. 1). Вміст магнетиту в середньому становить близько 25 мас. %. У зв'язку з цим руди гематит-магнетитової зони видобуваються разом з гіпергенно незміненими магнетитовими кварцитами четвертого залізистого горизонту як кондиційна сировина для діючих збагачувальних фабрик комбінату.

Магнетит-гематитова зона – зона слабких гіпергенних змін. Вертикальна її потужність складає, зазвичай, близько 30 м. Поверхні нижнього і верхнього контактів зони відносно прості за формою, положення їх визначається за значенням вмісту магнетиту в складі вивітрених залізистих кварцитів: для руд гематитової зони цей показник складає менше 5 мас. %, для магнетит-гематитової зони – від 5 до 15 мас. %, для нижче розташованої гематит-магнетитової зони – понад 15 мас. %. Головна мінералогічна особливість залізистих кварцитів цієї зони – присутність реліктового магнетиту в кількості від 5 до 15 мас.% (табл. 1). Вміст інших реліктових мінералів – кварцу і залізної слюдки – близький до відповідних показників прилягаючих зон кори вивітрювання. З новоутворених мінералів основним за поширенням є мартит. Значною глибиною залягання руд магнетит-гематитової зони пояснюється низький вміст у їх складі гідроксидів заліза.

Таблиця 1

## Середній мінеральний склад (мас. %) вивітрених залізистих кварцитів четвертого і шостого залізистих горизонтів Валявкинського родовища

Мінерали і мінеральні різновиди	Мінералогічні зони			
	1	2	3	4
гематит (мартит залізна слюдка + дисперсний гематит)	15,04	28,57	38,92	36,51
магнетит	24,69	11,74	1,96	0,52
гідроксиди заліза (гетит + лепідокрокіт + дисперсний гетит)	0,38	1,02	3,43	9,27
мінерали групи кварцу (кварц + халцедон + опал)	52,91	52,87	52,71	52,15
реліктові залізисті силікати	4,83	3,89	1,06	0,14
новоутворені беззалізисті силікати	0,10	0,31	0,65	0,87
реліктові залізисті карбонати	1,35	0,93	0,71	0,05
новоутворені беззалізисті й малозалізисті карбонати	0,07	0,18	0,21	0,26
реліктові сульфідні	0,08	0,05	0,02	0,01
апатит	0,01	0,01	0,01	0,01
інші мінерали	0,54	0,43	0,32	0,21
Загалом	100,00	100,00	100,00	100,00
Кількість визначень	29	34	49	37

Мінералогічні зони вертикального розрізу покладів гематитових кварцитів: гематит-магнетитова; 2 – магнетит-гематитова; 3 – гематитова; 4 – гетит-магнетитова.

Гематитова зона є зоною інтенсивних гіпергенних змін залізистих кварцитів, складеною мартитизованими різновидами первинних залізистих кварцитів. Поверхня контакту цієї зони з розташованою вище гетит-гематитовою зоною складна, плащоподібна. Перехід від гетит-гематитової до гематитової зони фіксується за зменшенням у складі руд останньої загального вмісту гідроксидів заліза (гетиту, лепідокрокіту, дисперсного гетиту) до значень менше 5 мас. %. Поверхня контакту гематитової зони і нижче розташованою магнетит-гематитовою зоною відносно проста за формою. Вертикальна потужність зони найбільша з усіх зон кори вивітрювання, зазвичай, перевищує 100 м. Особливістю мінерального складу руд гематитової зони є практично повне заміщення в її межах магнетиту мартитом – вміст першого не перевищує 5 мас. %. Залізо-вмісні силікати і карбонати тут практично повністю заміщені дисперсним гематитом. Основними рудоутворювальними мінералами цієї зони є кварц і гематит, представлений новоутвореним мартитом і реліктовою залізною слюдкою. Крім залізної слюдки досить високу стійкість до дії гіпергенних факторів проявляв кварц. Вміст гідроксидів заліза в межах гематитової зони невисокий (табл. 1).

Гетит-гематитова зона – зона максимальних гіпергенних змін залізистих кварцитів, складена гетитизованими різновидами первинних залізистих кварців. У межах цієї зони силікати й карбонати практично повністю, а мартит, залізна слюдка, дисперсний гематит, кварц – частково заміщені гідроксидами заліза (гетитом, меншою мірою дисперсним гетитом і лепідокрокітом). Гетитизовані гематитові кварцити, які утворились по первинних безсилікатних залізистих кварцитах, характеризуються значною тріщинуватістю, кавернозністю, великою кількістю прожилків гетиту і зон метасоматичного заміщення гетитом залізистих кварцитів. Утворені ж по первинних силікат-вмісних залізистих кварцитах – у межах цієї зони практично повністю перетворені на рихлий землистий агрегат дезінтегрованого кварцу, мартиту і гідроксидів заліза з домішками гіпергенних силікатів (головним чином, каолініту). Таким чином, мінеральний склад залізистих кварцитів гетит-гематитової зони (табл. 1) характеризується високим вмістом гідроксидів заліза, практично повною відсутністю магнетиту і первинних залізо-вмісних силікатів, карбонатів.

У межах гетит-гематитової і гематитової зон дуже поширені ділянки вторинних гіпергенних перетворень залізистих кварцитів – маршалітизації і окварцювання [1; 2; 4; 8; 18]. Для них характерні найбільш низькі показники загального вмісту заліза. Наявність цих ділянок надає покладам гіпергенно змінених залізистих кварцитів додаткової мінералогічної, хімічної, технологічної неоднорідності.

У горизонтальних розрізах покладів гіпергенно змінених залізистих кварцитів четвертого і шостого (а на більш глибоких гіпсометричних рівнях – також п'ятого) залізистих горизонтів виявлені прояви мінералогічної неоднорідності двох рівнів.

Горизонтальна зональність першого рівня проявлена чергуванням верств кондиційних гематитових кварцитів четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів з верствами низькокондиційних, некондиційних гематитових кварцитів і сланців п'ятого та шостого сланцевих горизонтів. Ця зональність наслідуює ритмічну будову розрізу верхньої підсвіти саксаганської світи родовища [2].

За літературними і фондовими даними та за результатами геологічних, мінералогічних досліджень авторів у забоях кар'єру №3, було орієнтовно визначене співвідношення кондиційних (загальний вміст заліза понад 30 мас. %) і низькокондиційних (25 – 30 мас. % заліза), некондиційних (20 – 25 мас. % заліза) гематитових кварцитів і сланців (зазвичай, менше 20 мас.% заліза) у складі зазначених трьох залізистих і двох сланцевих горизонтів (табл. 2). До низькокондиційних, некондиційних гематитових кварцитів крім мартит-дисперсногематитових і дисперсногематитових їх різновидів також віднесені інтенсивно маршалітизовані й окварцовані різновиди гематитових кварцитів.

Таблиця 2

**Співвідношення кондиційних і низькокондиційних, некондиційних залізистих кварцитів і сланців у складі стратиграфічних горизонтів, які формують поклад гематитових кварцитів родовища**

Стратиграфічні горизонти	Вміст у складі стратиграфічних горизонтів, мас. %	
	кондиційні залізисті кварцити	низькокондиційні, некондиційні залізисті кварцити і сланці
четвертий залізистий	94,9	5,1
п'ятий сланцевий	5,2	94,8
п'ятий залізистий	90,4	9,6
шостий сланцевий	7,6	92,4

У розрізах кожного з трьох залізистих горизонтів чітко проявлена горизонтальна зональність другого рівня. Вона, як і зональність першого рівня успадкована від товщ первинних магнетитових кварцитів у процесі їх вивітрювання.

Гіпергенні зміни нестійких мінералів відбувались і продовжують відбуватись наступним чином. Магнетит заміщується мартитом, а в умовах більш тривалого й інтенсивного вивітрювання – гетитом. Безглиноземні магнезіально-залізисті силікати (кумінгтоніт, магнезіорибекіт, залізистий тальк, селадоніт та ін.), а також залізисті карбонати (сидерит, сидероплезит, пістомезит та ін.) на початкових стадіях вивітрювання заміщуються дисперсним гематитом в асоціації з гіпергенним кварцом, халцедоном, іноді опалом, а на кінцевих стадіях – дисперсним гетитом або гетитом в асоціації із зазначеними мінералами групи кварцу. Залізисто-глиноземні силікати (хлорит, біотит, гранат, стильпномелан та ін.), заміщуються спочатку агрегатом дисперсного гематиту і глинистих мінералів (зазвичай, бейделіту, монтморилоніту, каолініту), а при більш активному вивітрюванні – агрегатом дисперсного гетиту і каолініту [1–9; 14; 16; 18].

Відносно стійкими до дії факторів вивітрювання є залізна слюдка й кварц. Але при тривалому інтенсивному вивітрюванні залізна слюдка частково заміщується гетитом. Кварц, за умови активної дії на залізисті кварцити лужних гіпергенних розчинів, зазнає маршалітизації й локально – часткового метасоматичного заміщення гетитом.

Успадкування гіпергенною мінералогічною зональністю залізистих горизонтів їх первинної аутигенно-метаморфогенної зональності [6; 10 – 13] проявляється в частковому успадкуванні новоствореними гіпергенними мінеральними парагенезисами складу вихідних метаморфогенних парагенезисів.

На гіпсометричному рівні гематитової зони, яка, як було показано вище, є найбільш представницькою в розрізі покладу гіпергенно змінених залізистих кварцитів, спостерігається така зміна первинних магнетитових кварцитів їх вивітреними аналогами:

- кварцити магнетит-залізнослюдкові (центральні зони залізистих горизонтів) → кварцити мартит-залізнослюдкові;
- кварцити залізнослюдко-магнетитові (центральні зони залізистих горизонтів) → кварцити залізнослюдко-мартитові;
- кварцити магнетитові (проміжні зони залізистих горизонтів) → кварцити мартитові;
- кварцити силікат-магнетитові (периферійні зони залізистих горизонтів) → кварцити дисперсногематит-мартитові;
- кварцити магнетит-силікатні (периферійні зони залізистих горизонтів) → кварцити магнетит-дисперсногематитова (у випадку, якщо силікати були представлені безглиноземними видами) або каолініт-мартит-дисперсногематитові (якщо силікати були представлені глинозем-вмісними мінералами).

Таким чином, внаслідок впливу гіпергенних факторів на зональні поклади первинних магнетитових кварцитів формується їх горизонтальна гіпергенна мінералогічна зональність [6; 10 – 13; 17]. На гіпсометричному рівні гематитової зони зональність має такий вигляд (у напрямку від центральних до периферійних зон залізистих горизонтів): кварцити мартит-залізнослюдкові → кварцити

залізнослюдко-мартитові → кварцити мартитові → кварцити дисперсногематит-мартитові → кварцити каолініт-мартит-дисперсногематитові.

Результати дослідження мінералогічної зональності покладів гіпергенно змінених залізистих кварцитів Валявкинського родовища є основою для їх якісної і кількісної оцінки як сировини для виробництва залізорудного концентрату, а також для розробки оптимальних технологій їх видобутку з надр і збагачення.

### Бібліографічні посилання

1. **Белевцев Я.Н.** Глубинные зоны окисления в породах Криворожского бассейна /Я.Н.Белевцев, Ю.М.Епатко, А.И.Стрыгин //Советская геология.– 1959.– № 11.– С. 110-123.
2. **Белевцев Я.Н.** Геология Криворожских железорудных месторождений /Я.Н.Белевцев, Г.В.Тохтуев, А.И.Стрыгин и др. – Киев, 1962.– Т. 1 – 484 с., Т. 2 – 567 с.
3. **Гершойг Ю.Г.** О природе рудного минерала так называемых красковых руд в Криворожье /Ю.Г.Гершойг //Минералогический сборник.– 1951.– №5.– С. 187-192.
4. **Дмитриев Э.В.** Процессы глубинного выветривания и зональность их проявления в Саксаганском районе Кривого Рога /Э.В.Дмитриев, В.М.Кравченко //Геология рудных месторождений.– 1965.– № 5.– С. 76-90.
5. **Додатко О.Д.** Про кори вивітрювання порід залізисто-кременистої формації Криворіжжя /О.Д.Додатко, Я.З.Дорфман //Доповіді АН УРСР. Серія Б.– 1973.– № 5.– С. 395-398.
6. **Свтехов В.Д.** Топомінералогія кори вивітрювання саксаганської світи Інгулецького родовища /В.Д.Свтехов, О.Т.Мачадо, Е.О.Беспояско //Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету.– 2002.– №2.– С. 5-17.
7. **Єпатко Ю.М.** Деякі теоретичні та експериментальні дані про утворення гетиту і гематиту в корі вивітрювання Криворізького залізорудного басейну /Ю.М.Єпатко, Ю.П.Мельник //Геологічн. журн.– 1965.– №2.– С. 12-21.
8. **Лазаренко Е.К.** Мінералогія Криворожского бассейна /Е.К.Лазаренко, Ю.Г.Гершойг, Н.И.Бучинская и др. – Киев, 1977.– 544 с.
9. **Мартыненко Л.И.** Основные закономерности формирования коры выветривания железистых пород Кривого Рога /Л.И.Мартыненко, Е.А.Попов, Г.Г.Татунь и др. //Геология рудных месторождений.– 1971.– № 5.– С. 87-97.
10. **Пирогов Б.И.** Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Минералогия /Б.И.Пирогов, Ю.М.Стебновская, В.Д.Евтехов и др. – Киев, 1989.– 168 с.
11. **Плаксенко Н.М.** Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии /Н.М.Плаксенко. – Воронеж, 1966.– 264 с.
12. **Поваренных А.С.** К вопросу о природе гидроокислов железа в красковых рудах Криворожского бассейна/А.С.Поваренных //Геология и горное дело. Сборник научных трудов НИГРИ. – Москва, 1959.– №2.– С. 253-256.
13. **Страхов Н.М.** Основы теории литогенеза /Н.М.Страхов. – Москва, 1962.– Т. 2.– 575 с.
14. **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 /Л.Я.Ходюш. – Ленинград, 1967.– С. 243-249.
15. **Юрк Ю.Ю.** Процеси мартитизації і утворення мартиту в породах і рудах Кривого Рогу //Матеріали з мінералогії України /Ю.Ю.Юрк. – Київ, 1960.– Вип. 6.– С. 58-80.
16. **Юрк Ю.Ю.** Рудные минералы Криворожской железорудной полосы /Ю.Ю.Юрк, Е.Ф.Шнюков. – Киев, 1958.– 100 с.
17. **Юшкин Н.П.** Топомінералогія /Н.П.Юшкин. – Москва, 1982.– 288 с.
18. **Ярощук М.А.** Мартитизация магнетита в глубинных зонах окисления докембрийских железисто-кремнистых формаций /М.А.Ярощук, Ю.М.Епатко //Геологический журнал.– 1976.– №2.

*Надійшла до редколегії 26.03.12*