

## Короткі повідомлення

УДК 549 : 553.31 (477.63)

Беспояско Т.В.

### **МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД ЛЕЖАЛИХ ХВОСТІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ ШАХТИ „ПІВНІЧНА” ім. В.А.ВАЛЯВКА (КРИВОРІЗЬКИЙ БАСЕЙН)**

*Наведені результати вивчення мінерального складу відходів гравітаційного збагачення низькоякісних гематитових руд декількох залізородних родовищ південної частини Криворізького басейну. Коротко охарактеризовані основні рудні й нерудні мінерали хвостів (кварц, гематит, магнетит, силікати, карбонати та ін.). Наголошується, що результати мінералогічних досліджень були використані при розробці оптимальної схеми повторного збагачення лежалих хвостів.*

Одна з важливих проблем прикладної мінералогії залізо-кремнистої формації Криворізького басейну – мінералогічне обґрунтування раціональних технологій повторного збагачення відходів гірничодобувних і збагачувальних підприємств. До таких об'єктів відносяться лежалі хвости Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) шахти „Північна” ім. В.А.Валявка. Фабрика була одним з підрозділів закритого на початку 80-х років ХХ ст. рудника ім. В.А.Валявка. На фабриці з використанням відсадочних машин вироблялась агломераційна руда з вмістом заліза 53-55 мас.% з низькоякісної (46-50 мас.% заліза) гематитової руди рудника ім. В.А.Валявка, а також інших рудників південної групи Криворізького басейну. Крупнозернисті (0,1-10,0 мм) відходи збагачення скидалися у відвали рудника, дрібнозернисті (0,1-0 мм) трубопроводом зливались до хвостосховищ №1 і №2. Автор досліджувала лежалі хвости накопичувача №2, які в поточний час використовуються як вихідна сировина для виробництва гематитового концентрату збагачувальним комплексом підприємства „Подряд”.

З метою мінералогічного обґрунтування оптимальної схеми збагачення лежалих хвостів були проведені дослідження з систематичної і технологічної мінералогії лежалих хвостів, топомінералогії техногенного покладу. В роботі автор базувалась на використанні результатів раніше виконаних робіт [1-3] і на власних мінералогічних даних. За результатами досліджень, у складі лежалих хвостів були виявлені 46 мінеральних видів і різновидів мінералів, які відносяться до 8 класів мінералів:

- прості речовини – 2 мінеральних види (графіт, золото);
- сульфіди – 4 мінеральних види (пірит, марказит, мельниковіт, піротин);
- оксиди і гідроксиди – 13 (кварц, опал, халцедон, мартит, залізна слюдка, дисперсний гематит, магнетит, гетит, лепідокрокіт, дисперсний гетит, рутил, ільменіт, лейкоксен);
- силікати – 15 (каолініт, хлорит, хлоритоїд, мусковіт, гідромусковіт, біотит, гідробіотит, кумінгтоніт, магнезіорибекіт, ставроліт, андалузит, кіаніт, турмалін, циркон, гранат);

- карбонати – 6 (кальцит, арагоніт, доломіт, сидерит, сидероплезит, пістомезит);
- сульфати – 3 (алуніт, ярозит, гіпс);
- фосфати – 1 (апатит);
- галогеніди – 2 (галіт, сильвін).

Найбільш поширені мінерали – кварц і гематит, загальний вміст яких у складі лежалих хвостів становить понад 90 мас.%. Значно меншою мірою представлені гідроксиди заліза (гетит, лепідокрокіт, дисперсний гетит) і магнетит. Інші мінерали відіграють роль другорядних, рідкісних або акцесорних.

**Гематит** – головний рудний мінерал лежалих хвостів. Він представлений трьома морфологічними різновидами: мартитом, залізною слюдкою і дисперсним гематитом.

**Мартит** утворює кутуваті, близькі за формою до ізометричних пористі частинки розміром від менше 0,001 до 0,1 мм, які часто містять дрібні (0,001-0,02 мм) ксеноморфні реліктові включення магнетиту. Кількість мартиту становить близько 80% від загальної кількості гематиту в складі хвостів. У північній частині хвостосховища, де знаходилась хвостоскидна труба, вміст мартиту максимальний, у південному напрямку цей показник помітно зменшується. Причина полягає в слабкій плавучості мартиту, осадженні основної його кількості поблизу від хвостоскиду.

**Залізна слюдка** представлена пластинчастими, лускуватими кристалами і фрагментами кристалів розміром за максимальним виміром від 0,001 до 0,1 мм. Крім того, дрібні (0,001-0,01 мм) кристали залізної слюдки присутні у вигляді пойкилітових включень у частинках кварцу з реліктових червоних прошарків зруденілих мартитових кварцитів або мартитових руд. Кількість залізної слюдки в середньому становить 15% від загальної кількості гематиту. Від північної дамби, на якій був розташований хвостоскид, в південному напрямку, тобто від крупнозернистих хвостів північної частини хвостосховища до дрібнозернистих хвостів його південної частини вміст залізної слюдки в складі хвостів спочатку збільшується від 5-7 до 15-20%, а потім поступово і закономірно зменшується. Утворення такого максимуму пояснюється кращою «плавучістю» пластинчастих кристалів залізної слюдки в порівнянні з частинками мартиту і нагромадженні їх основної кількості на певній відстані (60-80 м) від північної дамби.

**Дисперсний гематит** (розмір частинок не перевищує 1-5 мкм) присутній у складі хвостів у незначній кількості (в середньому близько 5% від загального вмісту гематиту). Гематит цього морфологічного різновиду є продуктом вивітрювання залізо-вмісних силікатів і карбонатів. Надає червоного кольору лежалим хвостам. Через диспергований стан і внаслідок цього через підвищену плавучість накопичувався, переважно, в південній частині хвостосховища: його кількість від хвостозливної дамби вглиб хвостосховища збільшується від 0-1 до 30-35 об'ємн.% по відношенню до загальної кількості гематиту. Зазвичай, дисперсний гематит спільно з глинистими мінералами (головним чином, каолінітом) утворює рихлі яскраво-червоні агрегати сурику, який цементує частинки кварцу та силікатів південної частини хвостосховища.

Мартит і залізна слюдка практично повністю (на 95-97%) розкриті. Згадані вище зростки дрібнолускуватої залізної слюдки (так званого «емульсоїдного» гематиту) з кварцом характерні лише для найбільш крупнозернистої (понад 0,1 мм) фракції, вміст якої у складі хвостів не перевищує 1 мас.%.

**Магнетит** присутній у вигляді двох морфогенетичних різновидів. Перший – згаданий вище реліктовий магнетит, який зберігся в центральних частинах агрегатів мартиту при гіпергенному заміщенні останнім кристалів магнетиту первинних магнетитових руд і магнетитових кварцитів. Виділення такого магнетиту лінзовидні, ксеноморфні, розмір їх, зазвичай, не перевищує 0,01-0,02 мм.

Кількість магнетиту-1 становить близько 80% від загальної кількості магнетиту в складі хвостів. Магнетит другого різновиду зустрічається значно рідше, представлений субідоморфними порфіробластами або дрібними ксеноморфними індивідами та їх агрегатами в частинках кварц-хлоритових, кварц-біотитових сланців, магнетит-силікатних кварцитів та інших нерудних включень, які потрапили до рудної маси в процесі видобутку руди. Розмір індивідів і агрегатів магнетиту другого різновиду, переважно, в межах від 0,01 до 0,08 мм.

**Гідроксиди заліза** (гетит, дисперсний гетит, лепідокрокит) утворюють, переважно, плівки, тонкі прожилки в агрегатах мартиту, реліктових силікатів; рідше зростки з індивідами та агрегатами кварцу, мартиту, силікатів. Гетит іноді спостерігається у вигляді самостійних частинок концентрично-шкаралупуватої або радіально-променистої внутрішньої будови. Лепідокрокит присутній у вигляді включень прихованокристалічної, коломорфної будови в складі агрегатів гетиту або вивітрених силікатів. Відрізняється від гетиту слабким червоним просвічуванням у прозорих шліфах і чіткими проявами бурувато-червоних, червоних рефлексів у відбитому світлі. Дисперсний гетит утворює спільні прихованокристалічні агрегати з глинистими мінералами (каолінітом, гідрослюдами та ін.), утворюючи вохру різних відтінків жовтого, бурого кольору. Вохристи, як і згадані вище сурикові агрегати часто скріпляють рудні і нерудні частинки хвостів, надають їм стану механічно нестійких агрегатів, які в процесі рудопідготовки легко руйнуються, розмиваються водою. Кількісне співвідношення гетиту, лепідокрокиту і дисперсного гетиту в загальному вмісті гідроксидів заліза в складі хвостів в середньому становить, відповідно, 70, 5 і 25 об'ємн. %.

**Мінерали групи кварцу.** Кварц – найбільш поширений нерудний мінерал лежалих хвостів. Присутній у вигляді гострокутних полігональних частинок ізометричної, рідше видовженої або сплющеної форми. За своєю природою є реліктовим мінералом багатих залізних руд – продуктом неповного розчинення кварцу вихідних залізистих кварцитів у процесі рудогенезу. Близько 95% частинок кварцу в складі хвостів знаходиться в розкритому стані, тільки серед найбільш крупних частинок (понад 0,1 мм) зустрічаються зростки кварцу з так званою «емульсійною» залізною слюдою, мартитом, гідроксидами заліза, силікатами. Як зазначалось вище, присутність включень тонколукуватої залізної слюдки надає частинкам кварцу яскравого червоного забарвлення. В незначній кількості (кожний не більше 1% від загальної кількості мінералів групи кварцу) в складі хвостів присутні опал і халцедон. Спільно вони утворюють прожилки, кірки на поверхні частинок кварцу або мартиту. Через домішку дисперсного гематиту або дисперсного гетиту колір опалу і халцедону, переважно, червонуватий, буруватий або бурувато-жовтий.

**Каолініт та інші силікати.** Каолініт, другий за поширенням нерудний мінерал лежалих хвостів після кварцу є продуктом вивітрювання первинних глинозем-вмісних силікатів (хлориту, біотиту, мусковіту та ін.). Присутній у вигляді дрібних (зазвичай, не більше 1 мкм) пластинчастих, лускуватих кристалів. Утворює самостійні землясті агрегати або входить до складу згаданих вище агрегатів сурику і вохри, вивітрених силікатних частинок. Кількість мінералу помітно підвищується в напрямку від північної (де він практично відсутній) до південної частини хвостосховища. Хлорит, біотит, кумінгтоніт, мусковіт та їх гідратовані різновиди присутні в складі сланцевих частинок, які, зазвичай, характеризуються підвищеною (переважно, понад 0,1 мм) крупністю. Потрапили до рудного матеріалу внаслідок підмішування до руди вмісних порід саксаганської та гданцівської світ у процесі розробки рудних покладів.

В різній мірі ці силікати зазнали вивітрювання. В якості акцесорних мінералів у складі силікатних частинок присутні: графіт (луски розміром за максимальним виміром до 0,02 мм), хлоритоїд (дрібні (0,001-0,05 мм) лускуваті кристали світлого жовтувато-зеленуватого кольору в прохідному світлі), ставроліт

(короткостовпчасті кристали довжиною до 0,05-0,07 мм, іноді ксеноморфні індивіди бурувато-жовтого кольору), гранат (представлений ідіоморфними кристалами світлорожевого альмандину розміром до 0,1 мм), турмалін (короткостовпчасті кристали довжиною до 0,07 мм, які мають бурувато-синій колір в прохідному світлі), андалузит і кіаніт (дрібні (до 0,05 мм) ксеноморфні кристали), ільменіт (пластинчасті кристали розміром за максимальним виміром до 0,05 мм), рутил (голчасті кристали довжиною до 0,05 мм в агрегатах різною мірою вивітрених шаруватих силікатів (біотит, хлорит, іноді мусковіт)), лейкоксен (прихованокристалічні агрегати – продукт вивітрювання ільменіту, рутилу).

**Карбонати** представлені двома групами мінералів. До першої відносяться залізо-вмісні карбонати – сидерит, сидероплезит, пістомезит, – які в складі незначної кількості частинок хвостів утворюють стійкі асоціації з первинними залізистими силікатами (кумінгтоніт, хлорит, біотит). Представлені дрібними (до 0,05 мм) ксеноморфними індивідами. Залізо-вмісні карбонати різною мірою вивітрени, внаслідок чого характеризуються жовтуватим, буруватим забарвленням. Беззалізисті карбонати (кальцит, доломіт) епігенетичні, присутні у вигляді цементуючих включень, кірок на поверхні частинок мартиту, рідше кварцу, залісної слюдки, силікатів. Розмір кристалів, переважно, від 0,005 до 0,07 мм.

**Сульфіди** також представлені двома генетично відмінними групами мінералів. Метаморфогенні пірит і піротин, зазвичай, утворюють дрібні (до 0,03 мм) ксеноморфні включення в частинках силікатного, силікат-кварцового складу. Епігенетичні марказит і мельниковіт присутні у вигляді кірок, прожилків, вкраплень у складі частинок мартиту, рідше – силікатів і карбонатів.

**Апатит** – рідкісний мінерал лежалих хвостів, присутній у вигляді короткостовпчастих пойкилобластів довжиною до 0,03 мм у кристалах силікатів або ізометричних, ксеноморфних епігенетичних індивідів та агрегатів розміром до 0,07 мм у складі пористих частинок мартиту.

**Сульфати** (алуніт, ярозит, гіпс) є досить рідкісними продуктами вивітрювання первинних сульфідів і глинозем-вмісних силікатів. Утворюють прожилки, кірки прихованокристалічних агрегатів або дрібних (до 0,02 мм) кристалів на поверхні частинок силікатів, піриту, кварцу.

**Золото** було зустрінуте у вигляді декількох ксеноморфних частинок розміром до 0,05 мм у лежалих хвостах північної частини хвостосховища.

Результати мінералогічних досліджень лежалих хвостів були використані при розробці оптимальної схеми їх збагачення з метою виробництва високоякісного залізорудного концентрату.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Акименко Н.М., Белевцев Я.Н., Горошников Б.И. и др. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна // Москва: Госгеолтехиздат, 1957.– 280 с.
2. Белевцев Я.Н., Бура Г.Г., Дубинкина Р.П. и др. Генезис железных руд Криворожского бассейна // Киев: Изд. АН УССР, 1959.– 308 с.
3. Мартыненко Л.И., Попов Е.А., Татунь Г.Г. и др. Основные закономерности формирования коры выветривания железистых пород Кривого Рога // Геология рудных месторождений.– 1971.– № 5.– С. 87-97.

#### **БЕСПОЯСКО Т.В.** Мінеральний склад лежалих хвостів Центральної збагачувальної фабрики шахти „Північна” ім. В.А.Валявка (Криворізький басейн).

*РЕЗЮМЕ.* Лежалі хвости фабрики являють собою тонкозернисті відходи гравітаційного збагачення низькоякісних гематитових руд декількох залізорудних родовищ південної частини Криворізького басейну. У складі хвостів виявлені 46 мінеральних видів і різновидів мінералів, які належать до 8 класів мінералів. Провідні мінерали – кварц і гематит, представлений мартитом, залізною слюдою і дисперсним гематитом: їх загальна кількість перевищує 90% від загальної маси хвостів. Результати мінералогічних досліджень лежалих хвостів використовувались при розробці оптима-

льної схеми їх збагачення з метою виробництва високоякісного залізорудного концентрату.

**Ключові слова:** залізисто-кремниста формація, багаті гематитові руди, відходи збагачення, лежалі хвости, мінералогія.

**БЕСПОЯСКО Т.В.** Минеральный состав лежалых хвостов Центральной обогатительной фабрики шахты „Северная” им. В.А.Валявко (Криворожский бассейн).

**РЕЗЮМЕ.** Лежалые хвосты фабрики представляют собой тонкозернистые отходы гравитационного обогащения низкокачественных гематитовых руд нескольких железорудных месторождений южной части Криворожского бассейна. В составе хвостов выявлены 46 минеральных видов и разновидностей минералов, которые принадлежат к 8 классам минералов. Ведущие минералы – кварц и гематит, представленный мартитом, железной слюдой и дисперсным гематитом: их общее количество превышает 90% от общей массы хвостов. Результаты минералогических исследований лежалых хвостов использовались при разработке оптимальной схемы их обогащения с целью производства высококачественного железорудного концентрата.

**Ключевые слова:** железисто-кремнистая формація, богатые гематитовые руды, отходы обогащения, лежалые хвосты, минералогія.

**BESPOYASKO T.V.** Mineral composition of old mill tails from the Central Concentration Plant of the “Severnaya” Mine named after V.A.Valyavko (the Kryvyi Rih basin).

**SUMMARY.** Old mill tails of the Plant are fine-grained wastes from gravitational separation of low-grade hematite ores from several iron ore deposits located in the Southern part of Kryvyi Rih basin. 46 mineral kinds and varieties belonging to 8 mineral classes are contained in the tails. Leading minerals are quartz and hematite, represented by martite, lepidomelane and dispersed hematite: their total quantity exceeds 90 % of the total tailings mass. The results of mineralogical studies have been used for the development of the optimum scheme of their processing in order to produce high quality iron ore concentrate.

**Keywords:** banded-iron formation, high grade hematite ores, concentration wastes, old mill tails, mineralogy.

*Надійшла до редакції 15 квітня 2009 р.  
Представив до публікації доц. Є.В.Євтехов.*