

К.В. НИКОЛАЄНКО, канд. техн. наук, **В.Д. ЄВТЄХОВ**, д-р г-м. наук,
Є.К. БАБЕЦЬ, канд. техн. наук, **А.В. ПЕТРУХІН**, **В.В. ФІЛЕНКО**
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет,
Науково-дослідний гірничорудний інститут)

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ У ВИГЛЯДІ ЗАЛІЗОВМІСНИХ ХВОСТІВ, ДЛЯ ОТРИМАННЯ З НИХ КОНЦЕНТРАТУ З ВМІСТОМ ЗАЛІЗА НЕ МЕНШЕ 65,0%

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Питання про залучення до переробки залізовмісних хвостів є актуальним, так як вони є відходами збагачення магнетитових кварцитів. На балансі ГЗК числиться близько 800 млн т заскладованих хвостів. Одним з таких техногенних родовищ є б. Роздери м. Жовті Води, у яку складуються хвости збагачувальної фабрики при шахті "Нова".

Постановка завдання. Головним для ефективного збагачення є достатньо селективне розділення компонентів залізовмісних хвостів. Для рішення поставленої задачі виробництва з лежалих залізовмісних хвостів концентрату з вмістом заліза загального 65,0% і більше, є необхідним вибір методу та створення умов для ефективного видалення рудних мінералів в концентрат.

Викладення матеріалу та результати. Результати мінералогічних дослідів показали наступне. Основними хімічними показниками лежалих хвостів, які характеризують їх якість як залізородної сировини, є загальний вміст у складі хвостів заліза ($Fe_{\text{заг.}}$) і вміст заліза, яке входить до складу магнетиту ($Fe_{\text{магн.}}$).

За результатами хімічних аналізів, усі рядові проби лежалих хвостів були розділені на наступні сім груп:

- нерудні хвости – вміст $Fe_{\text{заг.}}$ нижче 5 мас.%;
- некондиційні хвости-1 – вміст $Fe_{\text{заг.}}$ коливається в межах 5-10 мас.%;
- некондиційні хвости-2 – вміст $Fe_{\text{заг.}}$ коливається в межах 10-15 мас.%;
- низько кондиційні хвости – вміст $Fe_{\text{заг.}}$ коливається в межах 15-20 мас.%;
- кондиційні хвости – вміст $Fe_{\text{заг.}}$ коливається в межах 20-25 мас.%;
- високо кондиційні хвости – вміст $Fe_{\text{заг.}}$ коливається в межах 25-30 мас.%;
- хвости дуже високої якості – вміст $Fe_{\text{заг.}}$ перевищує 30 мас.%

З отриманих результатів мінералогічного аналізу видно (табл. 1), що рудними мінералами лежалих хвостів техногенного покладу є гематит, представлений, переважно, пластинчастою відміною (залізною слюдкою), і в значно меншій кількості – магнетит. За даними мікроскопічних досліджень, магнетит представлений як моно мінеральними (розкритими частинками), так і зростками з кварцом і силікатами. Розкриті частинки (їх більшість) були втрачені при збагаченні магнетитових руд через недосконалу роботу магнітних сепараторів та інших збагачувальних агрегатів. Гематит також утворює як моно мінеральні (розкриті) частинки, так і зростки, переважно, з кварцом. Дисперсний гематит, вміст якого незначний, є продуктом вивітрювання залізовмісних силікатів і карбонатів.

Середній мінеральний склад (%) лежалих хвостів

Мінерали	Середній вміст мінералів
Магнетит	3,08
Гематит (залізна слюдка, мартит, дисперсний гематит)	21,55
Гідроксиди заліза (гетит, дисперсний гетит, лепідокрокіт)	0,27
Кварц	60,60
Кумінгтоніт	2,34
Рибекіт, магнезіюрибекіт	5,02
Егірин	3,97
Біотит, тетраферибіотит	0,81
Селадоніт	0,23
Стильномелан	0,22
Залізистий тальк (мінесотаїт)	0,19
Альбіт	0,36
Карбонати	0,28
Апатит	0,09
Пірит, пірротин	0,12
Інші мінерали ^x	0,87
Всього	100,00

^x Інші мінерали: хлорит, гранат (альмандин), рогова обманка, турмалін, циркон, халькопірит.

Нерудні мінерали представлені, головним чином, кварцом і силікатами. Кварц – найбільш поширений мінерал хвостів – присутній як у вигляді моно мінеральних частинок, так і зростків з силікатами, гематитом і магнетитом. Зростки більш характерні для фракцій хвостів з розміром частинок понад 0,1 мм. Вміст шкідливих мінеральних домішок (сульфідів і апатиту) незначний.

При виборі оптимальної технології враховувалися гранулометричний, мінеральний і хімічний склад лежалих хвостів.

Основними особливостями залізовмісних хвостів були наступні.

1. Лежалі хвосты являють собою піщано-пилуватий матеріал зі значною мінливістю за мінералогічними, хімічними, фізичними та гранулометричними показниками.

2. Фазовий аналіз матеріалу показав значну варіативність хімічного складу хвостів. Вміст Fe_{заг.} коливається від 3,18 до 36,93%. Вміст Fe_{магн.} коливається 0,20 до 18,76%.

3. Найбільш поширеними є кондиційні лежалі хвосты із загальним вмістом заліза 20-25% – 37,2% від загальної кількості проб. Менше поширення мають низько кондиційні хвосты з вмістом заліза 15-20% – 28,7% і високо кондиційні хвосты з вмістом заліза 25-30% – 15,8%. Хвосты з більш низьким і більш високим загальним вмістом заліза зустрічаються відносно рідко, їх кількість коливається від 3,8 до 5,9% загальної маси хвостів. Середній вміст заліза в складі лежалих хвостів, за даними хімічних аналізів усіх рядових проб, становить 20,20%.

4. Вологість лежалих хвостів коливається від 1,7 до 43,9%. Середнє зна-

Екологія

чення вологості лежалих хвостів, за даними дослідження всіх рядових проб, становить 21,8%.

5. Гранулометричний склад лежалих хвостів характеризується переважанням тонкозернистого матеріалу: на 70% вони складаються з частинок крупністю менше 0,05 мм.

6. За результатами мінералогічних досліджень, основними рудними мінералами лежалих хвостів техногенного покладу є гематит, представлений, переважно, пластинчастою відміною (залізною слюдкою), і в значно меншій кількості – магнетит. Вміст гематиту становить 21,55%, магнетиту – 3,08%. Нерудні мінерали представлені, головним чином, кварцом і силікатами. Кварц – найбільш поширений мінерал хвостів, його вміст перевищує 60%. Вміст силікатів близько 13%. Кількість шкідливих мінеральних домішок (сульфідів і апатиту) незначна.

За результатами хімічних і мінералогічних досліджень було розроблено мінералогічні рекомендації до складання оптимальної схеми повторного збагачення лежалих хвостів. Оскільки основні рудні мінерали (гематит і магнетит) характеризуються близькими показниками густини (5200 кг/м^3), що значно відрізняється від показника густини кварцу (2650 кг/м^3), в якості основної можливо використання гравітаційної схеми збагачення. Мінералого-технологічні випробування хвостів слід проводити для матеріалу об'єднаних проб, які відповідають за хімічним, мінеральним і гранулометричним складом виділеним семи мінералого-технологічним різновидам лежалих хвостів. На стадії рудо підготовки слід знешламити хвости по крупності частинок 0,02 мм і класифікувати вихідний матеріал по максимальній крупності частинок 0,1 мм. У зв'язку з тим, що основним рудним мінералом лежалих хвостів є гематит, було рекомендовано провести контрольне збагачення хвостів магнітним способом з використанням високо інтенсивного магнітного сепаратора (магнітна індукція від 0,5 до 1,0 Тл).

Дослідження збагачуваності лежалих залізовмісних хвостів проводилось з використанням у якості збагачувальних апаратів концентраційного столу СКО-0,5 і високо інтенсивного магнітного сепаратора 259-СЕ з феррозаповнювачем у вигляді рифлених пластин, що моделює процес промислового сепаратора типу ЕРМ виробництва НТЦ "Магніс" (м. Луганськ). Для класифікації і знешламливання вихідних хвостів за заданими класами застосовувалися вібраційний грохот і гідроциклон ГЦ-50.

Для матеріалу всіх мінералого-технологічних проб було проведено визначення гранулометричного складу. Мінералогічними дослідженнями матеріалу мінералого-технологічних проб лежалих хвостів встановлено, що:

- клас +0,1 мм представлений, переважно, зростками рудних і нерудних мінералів з вмістом заліза 14,2%;
- клас 0,1-0,02 мм складається з механічної суміші рудних і нерудних зерен з вмістом заліза 31,6%;
- клас 0,02-0 мм представлений, головним чином, глинистими і знешламленими рудними мінералами, що важко піддаються збагаченню механічними методами з вмістом заліза 14,3%.

Тому проведені технологічні дослідження були направлені на виділення з проб вихідних хвостів продуктивного класу 0,1-0,02 мм і його подальше збагачення.

Було проведено порівняння показників гравітаційного збагачення класу 0,1-0,02 мм із збагаченням магнітним методом у високо інтенсивному магнітному полі при індукції 1 Тл (рис. 1).

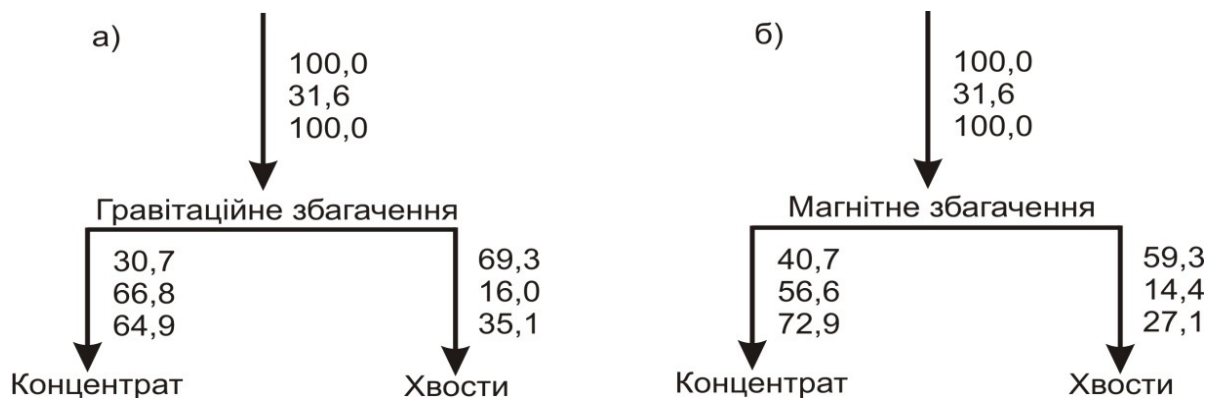


Рис. 1. Порівняння показників гравітаційного (а) і магнітного (б) збагачення класу 0,1-0,02 мм, який був виділений з об'єднаної проби лежалих хвостів

Дослідження показали, що застосування магнітного методу дозволяє отримати вихід концентрату на 10,0% вище ніж при гравітаційному методі, проте вміст $Fe_{заг.}$ у ньому нижче на 10,2%.

Тому подальші дослідження проведені гравітаційним методом. Встановлено, що зі всіх досліджених проб лежалих хвостів можливо отримати високоякісний концентрат з вмістом $Fe_{заг.}$ на рівні 66%. Вихід концентрату залежить від вмісту $Fe_{заг.}$ у складі вихідних хвостів і в складі матеріалу класу 0,1-0,02 мм. Для отримання високоякісного концентрату доцільно попереднє виділення у відвал з вихідних хвостів класів +0,1 і 0,02-0 мм.

Була розроблена технологічна схема збагачення залізовмісних хвостів (рис. 2), та розраховані її технологічні та економічні показники, на продуктивність 1,0 млн т в рік по вихідній сировині. За рекомендованою схемою передбачається отримання з вихідних лежалих хвостів з вмістом заліза загального 25,2%, концентрату з вмістом заліза загального 65,2%, при виході 14,1,0%. Очікувана собівартість 1 тонни концентрату складе 188,4 грн. Хімічний аналіз вихідних хвостів і отриманого концентрату наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Хімічний аналіз вихідних залізовмісних хвостів та гравітаційного концентрату

Продукти	Компоненти, %						
	$Fe_{заг.}$	Fe_2O_3	FeO	S	P_2O_5	SiO_2	п. п. п.
Вихідні хвости	25,2	34,12	1,89	0,071	0,058	65,83	0,46
Гравітаційний концентрат	65,2	88,01	4,08	0,058	0,046	4,41	0,15

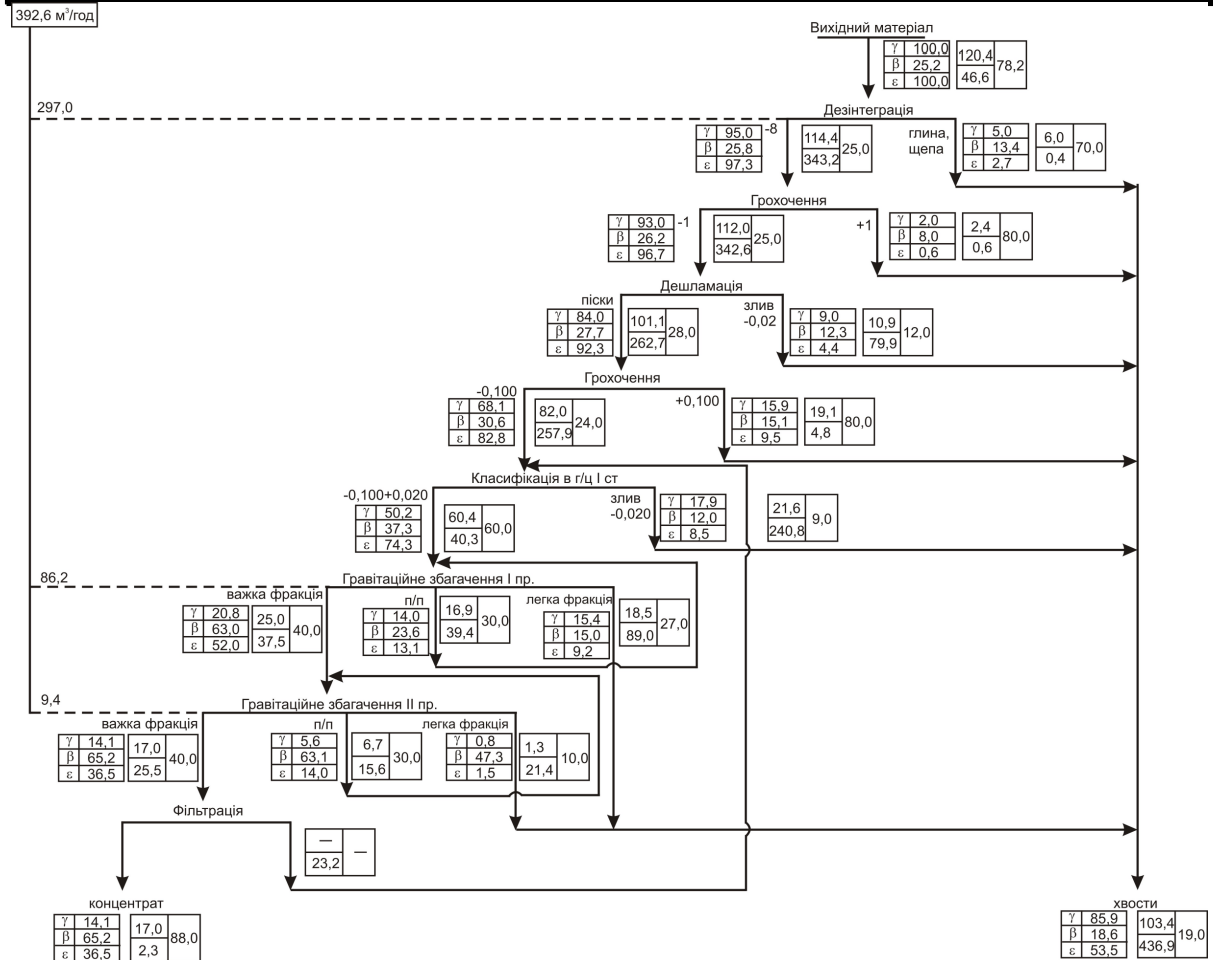


Рис. 2. Рекомендована технологічна схема збагачення лежалих залізовмісних хвостів з кількісно-якісними показниками.

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Таким чином, для отримання з лежалих залізовмісних хвостів б. Роздери концентрату з вмістом заліза 65,0% і вище, доцільно використовувати гравітаційний метод їх збагачення з знешламленням вихідної сировини по класу 0,02 мм. Напрямок подальших досліджень, є підвищення вилучення заліза в концентрат за рахунок залучення до переробки хвостів гравітаційного збагачення.

Рекомендації по технологічному процесу для проектування збагачувального комплексу збагачення лежалих залізовмісних хвостів б. Роздери: Отчет о НИР. – Кривий Ріг: НИГРИ, 2011. – 68 с.

© Ніколаєнко К.В., Євтехов В.Д., Бабець Є.К., Філенко В.В., Петрухін А.В., 2012

Надійшла до редколегії 10.02.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим