

УДК 549 : 622.7 : 553.31 (477.63)

**Беспояско Т.В., Беспояско Е.О., Євтехова А.В.,  
Демченко О.С., Прилепа Д.М.**

## **ВАРІАТИВНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ РОЗКРИТТЯ МІНЕРАЛІВ У ВІДХОДАХ ЗБАГАЧЕННЯ ГЕМАТИТОВИХ РУД ШАХТИ «ПІВНІЧНА» ім. В.А.ВАЛЯВКА (КРИВОРІЗЬКИЙ БАСЕЙН)**

*Проаналізовані результати визначення показника мономінеральності (розкриття) частинок рудних і нерудних мінералів у складі лежалих відходів (хвостів) збагачення гематитових руд, якими сформований техногенний залізорудний поклад хвостосховища шахти «Північна» ім. В.А.Валявка. Наведені дані про варіативність показника розкриття мінералів по простяганню рудного покладу. Зроблений висновок про важливе значення показника розкриття мінералів при встановленні кондиційності лежалих хвостів як сировини для виробництва високоякісного залізорудного (гематитового) концентрату.*

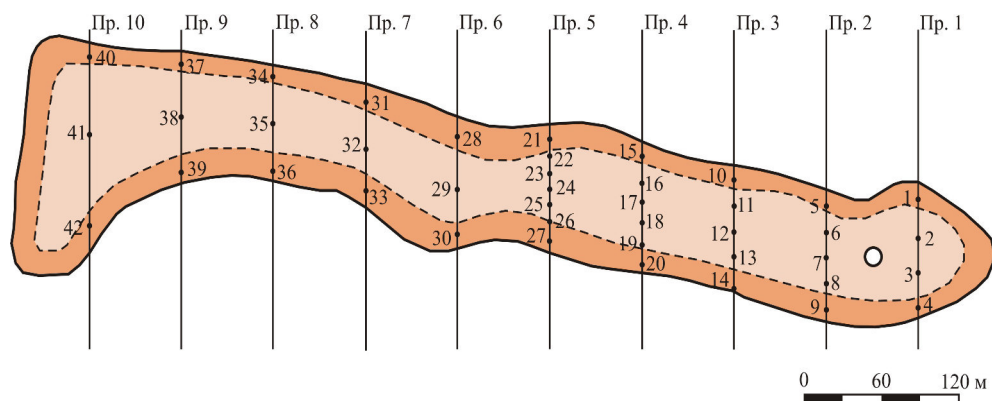
Техогенний поклад залізовмісних лежалих хвостів утворився внаслідок скиду тонкозернистих відходів Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) шахти «Північна» ім. В.А.Валявка. На збагачення направлялись низькокондиційні (середній вміст заліза близько 50 мас.%) багаті гематитові руди, які видобувались шахтами рудника ім. В.А.Валявка та інших рудників південної частини Саксаганського залізорудного району (рудники ім. С.М.Кірова та ім. Ф.Е.Дзержинського) та Південного залізорудного району (рудник ім. Ілліча) Криворізького басейну. Збагачення вихідної сировини, дробленої до крупності частинок 10-0 мм, відбувалось з використанням відсадочних машин. Вироблялась товарна залізна руда із загальним вмістом заліза 54-56 мас.%. Тонкозернисті відходи збагачення з розміром частинок менше 0,1 мм разом з технічною водою скидались до хвостосховища. Крупнозернисті відходи з переважаючим розміром частинок 1-10 мм складувались у відвалах шахти.

Хвостосховище було закрите наприкінці 80-х років ХХ ст. в зв'язку з заповненням. У поточний час воно вивчається як техногенний поклад залізорудної сировини.

Розробка оптимальної технології збагачення лежалих хвостів повинна ґрунтуватись на результатах їх мінералогічних досліджень. Один з головних напрямків цих робіт – вивчення ступеню мономінеральності (визначення так званого «показника розкриття») частинок рудних і нерудних мінералів у складі подрібненої вихідної сировини, яка направляється на збагачення [1, 3, 4].

Автори визначили показники розкриття рудних і нерудних мінералів для матеріалу 42 проб лежалих відходів збагачення хвостосховища

шахти «Північна» ім. В.А.Валявка. Проби відбирались за 10 профілями, орієнтованими в напрямках, близьких до нормальних по відношенню до осової лінії хвостосховища (рис. 1).



**Рис. 1.** Схематична карта опробування техногенного залізорудного покладу хвостосховища шахти «Північна» ім. В.А.Валявка.

Пр. 1, Пр. 2, ... Пр. 10 – розвідувальні профілі; 1, 2, ... 42 – точки відбору мінералого-технологічних проб лежалих хвостів.

Білою точкою позначене положення хвостозливної труби.

Перед опробуванням проводилась зачистка місця взяття проби, для чого знімався приповерхневий шар лежалих хвостів на глибину до 10 см. Потім проходився шурф глибиною близько 1 м. Матеріал проби зішкрібався зі стінок на всю його глибину. Маса кожної проби становила близько 20 кг.

Склад лежалих хвостів був досліджений з використанням мінералогічного, гранулометричного, хімічного, напівкількісного спектрального, термографічного, рентгеноструктурного аналізу [2]. Було встановлено, що лежалі хвости складені, головним чином, кварцом (близько 55 мас.%) і гематитом (близько 30 мас.%), який представлений мартитом з незначною домішкою залізної слюдки та дисперсного гематиту. Другорядне значення мають нерудні мінерали: каолінит та гідрослюди – близько 4 мас.%; карбонати – близько 1%; рудні мінерали: магнетит – близько 1%; гідроксиди заліза (гетит, лепідокрокіт, дисперсний гетит) – близько 8%; інші мінерали – близько 1 мас.%.

У відповідності з вмістом рудних мінералів, хвостосховище було поділене на дві ділянки – продуктивну та непродуктивну. Межа між ними пролягає на рівній відстані від ліній розвідувальних профілів 5 і 6 (рис. 1). Продуктивна ділянка відповідає північній частині хвостосховища, в межах якої був розташований хвостозлив. Непродуктивна, в межах якої нагромаджувався найбільш тонкозернистий і найбільш низькозалістий матеріал хвостів, представлений, головним чином, пере-

подрібненим кварцом і глинистими мінералами, розташована в південній частині хвостосховища. Середній вміст заліза в складі хвостів продуктивної ділянки (профілі 1-5) перевищує 25 мас.%, непродуктивної (профілі 6-10) – нижчий від 25 мас.%.

Гранулометричне вивчення лежалих хвостів виконувалось у відповідності з методикою ситового аналізу. Розсів проводився за допомогою апарату «Ротап» зі стандартним набором сит: 0,5; 0,315; 0,25; 0,16; 0,1; 0,071; 0,05 мм. Було встановлено, що розмір мінеральних частинок у складі лежалих хвостів не перевищує 1 мм, кількість матеріалу з розміром частинок менше 0,16 мм становить 99% від загальної маси мінеральної складової хвостів.

Показник розкриття мінералів визначався для кожної гранулометричної фракції кожної проби за стандартними методиками з використанням стереоскопічного бінокулярного мікроскопа МБС-1 (частинки розміром від 1,0 до +0,071 мм) та петрографічного мікроскопа МБІ-6 (частинки крупністю менше 0,071 мм). Попередньо матеріал знешламувався, відокремлювалась тонкозерниста його складова (крупність менше 10 мкм), яка не здатна до збагачення.

За ступенем розкриття рудних і нерудних мінералів частинки відносились до однієї з наступних фракцій:

– розкриті рудні частинки, які на 95-100 об'ємн.% складаються з рудних мінералів і на 0-5% – з нерудних;

– багаті зростки, які на 75-95 об'ємн.% складаються з рудних мінералів і на 5-25% – з нерудних;

– середні за вмістом рудних мінералів зростки, вміст рудних мінералів у складі яких становить 25-75 об'ємн.%, вміст нерудних мінералів – у таких же межах;

– бідні зростки із вмістом рудних мінералів 5-25 об'ємн.% і з вмістом нерудних мінералів 75-95%;

– розкриті нерудні частинки, вміст рудних мінералів у складі яких не перевищує 5 об'ємн.%, вміст нерудних мінералів становить 95-100%.

На основі отриманих даних було розраховане середнє значення показника розкриття мінералів для кожної проби, профілю, продуктивної та непродуктивної ділянок хвостосховища, а також середнє значення цього показника для хвостосховища в цілому (табл. 1-3). З наведених даних видно, що в середньому для хвостосховища вміст розкритих (практично мономінеральних гематитових) частинок у знешламуваному матеріалі лежалих хвостів становить 37,7 мас.%, розкритих нерудних (практично мономінеральних кварцових) – 57,0. Загальний вміст зростків порівняно невисокий – 5,3 мас.%, в тому числі багатих – 2,3%; середніх – 1,7% і бідних 1,3%.

При більш детальному аналізі одержаних даних була виявлена закономірна зміна значень показників розкриття мінералів по простяганню техногенного рудного покладу. На рис. 2 показані зміни вмісту в складі хвостів розкритих рудних і нерудних частинок.

Таблиця 1.

Показники розкриття мінералів у складі лежалих відходів збагачення продуктивної ділянки хвостосховища

№ профілю	№ проби	Співвідношення частинок з різним вмістом рудної складової, мас. %				
		розкриті рудні частинки	багаті зростки	зростки, середні за вмістом рудних мінералів	бідні зростки	розкриті нерудні частинки
1	1	58,2	3,3	2,4	1,4	34,7
	2	62,4	3,8	3,6	0,9	29,3
	3	48,0	1,7	1,4	1,2	47,7
	4	51,5	2,0	1,6	1,0	43,9
<b>середнє</b>		<b>55,0</b>	<b>2,7</b>	<b>2,3</b>	<b>1,1</b>	<b>38,9</b>
2	5	58,6	2,6	3,2	1,8	33,8
	6	55,4	4,2	3,0	1,5	35,9
	7	60,3	3,3	3,0	2,2	31,2
	8	61,9	4,5	2,3	1,9	29,4
	9	58,8	3,2	3,0	1,5	33,5
<b>середнє</b>		<b>59,0</b>	<b>3,6</b>	<b>2,9</b>	<b>1,8</b>	<b>32,7</b>
3	10	50,8	2,9	2,6	1,2	42,5
	11	50,8	2,9	2,7	0,9	42,7
	12	45,5	3,5	2,6	1,1	47,3
	13	58,0	5,1	3,6	1,4	31,9
	14	58,1	4,0	2,6	1,2	34,1
<b>середнє</b>		<b>52,6</b>	<b>3,7</b>	<b>2,8</b>	<b>1,2</b>	<b>39,7</b>
4	15	38,3	2,7	0,4	0,2	58,4
	16	48,7	2,5	2,1	1,5	45,2
	17	43,1	1,4	0,8	0,4	54,3
	18	40,9	2,3	0,8	0,5	55,5
	19	52,4	3,1	1,7	1,3	41,5
	20	46,2	3,1	1,0	0,6	49,1
<b>середнє</b>		<b>44,9</b>	<b>2,5</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>50,7</b>
5	21	22,3	3,2	0,9	0,5	73,1
	22	32,9	3,6	1,5	0,9	61,1
	23	25,9	0,8	0,9	1,1	71,3
	24	33,9	1,4	1,1	1,1	62,5
	25	37,1	1,2	1,6	0,5	59,6
	26	36,0	1,7	1,1	0,2	61,0
	27	42,2	3,5	0,5	0,5	53,3
<b>середнє</b>		<b>32,9</b>	<b>2,2</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>63,1</b>
<b>середнє для продуктивної ділянки хвостосховища</b>		<b>48,9</b>	<b>2,9</b>	<b>2,0</b>	<b>1,1</b>	<b>45,1</b>

Як видно, по простяганню хвостосховища з півночі (профіль 1) на південь (профіль 10) показник загального вмісту розкритих рудних і нерудних частинок змінюється досить слабо (рис. 2). Це пояснюється тим, що для нагромаджених у хвостосховищі частинок крупність менше

0,1 мм характерне практично повне розкриття рудних і нерудних мінералів.

Таблиця 2.

Показники розкриття мінералів у складі лежалих відходів збагачення непродуктивної ділянки хвостосховища

№ профілю	№ проби	Співвідношення частинок з різним вмістом рудної складової, мас.%				
		розкриті рудні частинки	багаті зростки	зростки, середні за вмістом рудних мінералів	бідні зростки	розкриті нерудні частинки
6	28	29,8	0,9	0,6	0,2	68,5
	29	31,0	1,4	0,9	0,4	66,3
	30	32,3	1,6	1,2	1,5	63,4
<b>середнє</b>		<b>31,0</b>	<b>1,3</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>66,1</b>
7	31	29,3	2,1	1,0	1,7	65,9
	32	30,0	1,9	1,5	0,7	65,9
	33	28,7	3,2	1,9	0,9	65,3
<b>середнє</b>		<b>29,3</b>	<b>2,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,1</b>	<b>65,7</b>
8	34	22,0	2,5	2,3	2,2	71,0
	35	25,0	2,3	1,9	3,1	67,7
	36	26,4	1,8	1,2	2,9	67,7
<b>середнє</b>		<b>24,5</b>	<b>2,2</b>	<b>1,8</b>	<b>2,7</b>	<b>68,8</b>
9	37	22,0	2,0	1,1	1,5	73,4
	38	24,3	1,2	1,0	1,3	72,2
	39	26,7	1,4	1,5	1,1	69,3
<b>середнє</b>		<b>24,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>71,7</b>
10	40	22,3	1,3	0,5	1,1	74,8
	41	19,7	3,1	3,6	2,3	71,3
	42	28,0	1,0	0,4	1,1	69,5
<b>середнє</b>		<b>23,3</b>	<b>1,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>71,9</b>
<b>середнє для непродуктивної ділянки хвостосховища</b>		<b>26,5</b>	<b>1,8</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>68,8</b>

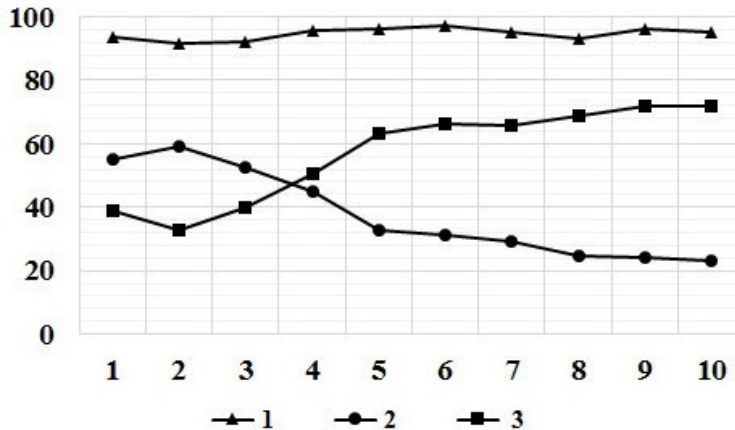
Таблиця 3.

Середні показники розкриття мінералів у складі лежалих відходів збагачення хвостосховища

Хвостосховище	Співвідношення частинок з різним вмістом рудної складової, мас.%				
	розкриті рудні частинки	багаті зростки	зростки, середні за вмістом рудних мінералів	бідні зростки	розкриті нерудні частинки
середнє для хвостосховища	37,7	2,3	1,7	1,3	57,0

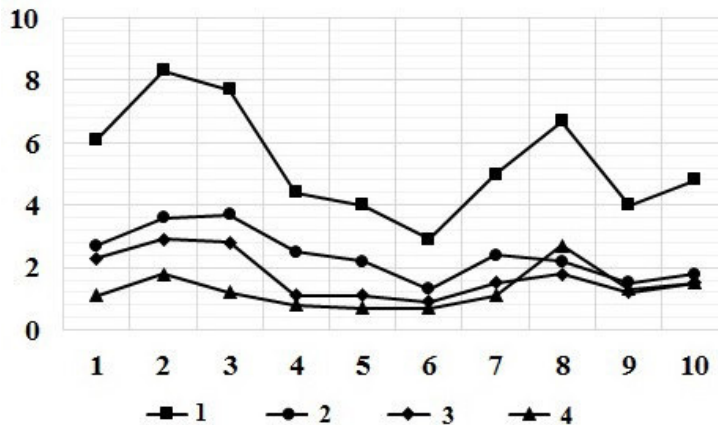
В той же час для кількісного співвідношення розкритих рудних і нерудних частинок у складі хвостів спостерігаються чіткі закономірності варіативності.

Максимальний вміст розкритих рудних частинок зафіксований для хвостів профілю 2 (59,0 об'ємн.%), на рівні якого був розташований хвостозлив; у південному напрямку спостерігається суттєве зниження цього показника – до 23,3% для хвостів профілю 10. Натомість вміст розкритих нерудних частинок (головним чином, кварцового складу) зростає від 32,7 об'ємн.% для хвостів профілю 2 до 71,9 об'ємн.% для хвостів профілю 10. У зв'язку з незначною кількістю рудно-нерудних зростків, між показниками вмісту розкритих рудних і нерудних частинок існує зворотний зв'язок (рис. 2).



**Рис. 2.** Характер зміни вмісту розкритих рудних і нерудних частинок у складі лежалих хвостів по простяганню техногенного рудного покладу.

1 – загальний вміст розкритих рудних і нерудних частинок; 2-3 – вміст розкритих рудних (2) і нерудних (3) частинок.



**Рис. 3.** Характер зміни вмісту рудно-нерудних зростків у складі лежалих хвостів по простяганню техногенного рудного покладу.

1 – загальний вміст рудно-нерудних зростків у складі хвостів; 2-4 – вміст зростків з різною кількістю рудних мінералів: 2 – багатих; 3 – середніх; 4 – бідних.

В поширенні рудно-нерудних зростків чітка закономірність не проявлена, що, вірогідно, пов'язане з їх незначною кількістю і слабкими коливаннями їх вмісту в складі лежалих хвостів. Але загальним є тренд до зменшення їх кількості в напрямку від північної до південної частини хвостосховища (рис. 3).

В цілому ж співвідношення між розкритими й нерозкритими мінеральними частинкам в складі лежалих хвостів свідчить про їх кондиційність як залізорудної сировини, що не потребує дроблення і подрібнення при підготовці до збагачення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Афанасьєва Е.Л., Исаенко М.П. Технологическая минералогия // Москва: Недра, 1988.– 226 с.*

2. *Беспояско Т.В., Євтехов В.Д., Євтехов Є.В., Кірносів С.Е. Мінеральний склад відходів збагачення залізних руд родовища шахти «Північна» ім. В.А.Валявка (Криворізький басейн) // Записки Українського мінералогічного товариства. – 2006. – Т. 3. – С. 14-16.*

3. *Богданова И.П., Гехт М.И., Докучаева И.Н. и др. Технологическая оценка железных руд // Изучение вещественного состава и обогатимости железных руд // Москва: Недра.– 1976.– С 57-97.*

4. *Гершойг Ю.Г. Вещественный состав и оценка обогатимости бедных железных руд // Москва: Недра, 1968.– 200 с.*

**БЕСПОЯСКО Т.В., БЕСПОЯСКО Е.О., ЄВТЕХОВА А.В., ДЕМЧЕНКО О.С., ПРИЛЕПА Д.М. Вариативність показників розкриття мінералів лежалих відходів збагачення гематитових руд шахти «Північна» ім. В.А.Валявка (Криворізький басейн).**

**РЕЗЮМЕ.** Лежалы хвосты характеризуются практически биминеральным (гематит-кварцевым) составом и высоким уровнем раскрытия частинок рудных (гематит) и нерудных (кварц) минералов. Від точки зливу хвостів (північна частина хвостосховища) в південному напрямку вміст мономінеральних рудних частинок зменшується від 59,0 до 23,3 об'ємн.%; мономінеральних нерудних частинок – зростає від 32,7 до 71,9 об'ємн.%; рудно-нерудних зростків знижується від 8,3 до 4,8 об'ємн.%. У відповідності із загальним рівнем розкриття рудних і нерудних мінералів, хвосты є залізорудною сировиною, яка не потребує дроблення і подрібнення при підготовці до збагачення.

**Ключові слова:** залізо-кремниста формація, Криворізький басейн, відходи збагачення руд, гематитова сировина, мінеральний склад руд, хімічний склад руд.

**БЕСПОЯСКО Т.В., БЕСПОЯСКО Э.А., ЕВТЕХОВА А.В., ДЕМЧЕНКО О.С., ПРИЛЕПА Д.Н. Вариативность показателей раскрытия минералов лежалых отходов обогащения гематитовых руд шахты «Северная» им. В.А.Валявка (Криворожский бассейн).**

**РЕЗЮМЕ.** Лежалые хвосты характеризуются практически биминеральным (гематит-кварцевым) составом и высоким уровнем

раскрытия частиц рудных (гематит) и нерудных (кварц) минералов. От точки слива хвостов (северная часть хвостохранилища) в южном направлении содержание мономинеральных рудных частиц уменьшается от 59,0 до 23,3 объемн.%; мономинеральных нерудных частиц – возрастает от 32,7 до 71,9 объемн.%; рудно-нерудных сростков снижается от 8,3 до 4,8 объемн.%. В соответствии с общим уровнем раскрытия рудных и нерудных минералов, хвосты являются железорудным сырьем, не требующим дробления и измельчения при подготовке к обогащению.

**Ключевые слова:** железисто-кремнистая формация, Криворожский бассейн, отходы обогащения руд, гематитовое сырье, минеральный состав руд, химический состав руд.

**BESPOYASKO T.V., BESPOYASKO E.O., EVTEKHOVA A.V., DEMCHENKO O.S., PRYLEPA D.M.** Variability of mineral release indices of stale wastes from hematite ores beneficiation of the Mine “Severnaya” named after V.A. Valyavko (the Kryvyi Rih basin).

**SUMMARY.** Stale tailings are characterized by almost bimineral (hematite-quartz) composition and high level of particles release of metalliferous (hematite) and non-metalliferous (quartz) minerals. From the point of tailings discharge (northern part of the tailing pond) to the south the content of monomineral ore particles decreases from 59.0 to 23.3 vol.%; that of monomineral non-metalliferous ones increases from 32.7 to 71.9 vol.%; the content of metalliferous-non-metalliferous aggregates declines from 8.3 to 4.8 vol.%. In accordance with general level of metalliferous and non-metalliferous minerals release, tailings are iron ore raw material which does not require crushing and grinding when being prepared for beneficiation.

**Key words:** banded iron formation, Kryvyi Rih basin, ore concentration wastes, hematite raw material, ores mineral composition, ores chemical composition.

*Надійшла до редакції 20 жовтня 2009 р.  
Представив до публікації проф. Б.І.Пирогов.*