

УДК 553.3:622.2

DOI <https://doi.org/10.32782/geotech2024.38.02>

Губіна В.Г., Чорноног С.С.

Губіна В.Г., кандидат геолого-мінералогічних наук, провідний науковий співробітник, Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», ORCID:0000-0001-7486-5451, gvg131619@gmail.com  
Чорноног С.С., спеціаліст, Київський національний університет технологій та дизайну, ORCID:0009-0006-9364-8827, serjios19@gmail.com

## СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ЗАЛІЗОРУДНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

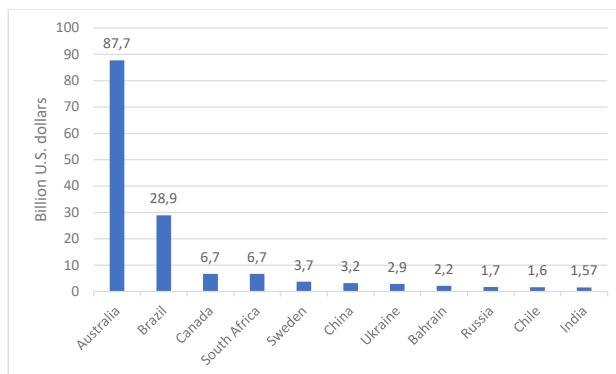
У статті проаналізовано сучасний стан і перспективи розвитку залізорудної галузі України. Показано місце України у світових рейтингах за запасами залізорудної сировини й обсягів її експорту. Висвітлено стан діючих підприємств із видобутку і збагачення залізних руд. Відповідно до спеціальних дозволів на користування надрами наведено балансові запаси й обсяги видобування багатих залізних руд підприємств, що розробляють родовища підземним способом, і запаси залізистих магнетитових кварцитів, що добуваються відкритим способом і збагачуються на рудозбагачувальних фабриках із подальшим отриманням залізорудного концентрату / окатишів. Показано, що глибина робочих горизонтів в кар'єрах, на теперішній час, становить 280–420 м, в шахтах – 1200–1300 м. При цьому балансові запаси підраховано до глибини 500–600 м у проєктних контурах кар'єрів і до 1800–1900 м на родовищах в полях діючих шахт, а також запаси з невизначеним промисловим значенням поза проєктних контурів кар'єрів і в міжрудничних ціликах рудних полів шахт. Висвітлено проблеми видобутку і збагачення залізних руд на сучасному етапі. Показано, що в Україні є всі передумови для подальшого розвитку залізорудної промисловості, а саме: розвинена інфраструктура в районах розміщення діючих підприємств; наявність балансових запасів залізорудної сировини в межах родовищ і міжрудничних ділянках діючих гірничодобувних підприємств, можливість промислової розробки невеликих залізорудних родовищ, залучення до розробки окиснених кварцитів у полях діючих шахт і кар'єрів та магнетитових кварцитів у полях діючих шахт; наявність готових технологічних рішень видобутку і підйому залізної руди з горизонтів нижче за 2000 м у шахтах, перехід до підземної та відкритої розробки родовищ корисних копалин; технологічні рішення щодо підвищення якості магнетитового концентрату й отримання гематитового концентрату.

**Ключові слова:** залізорудна галузь, балансові запаси, багаті залізні руди, магнетитові кварцити, гематитові кварцити.

**Вступ.** Залізо є металом, який найбільше споживається людством. Майже 98 % залізної руди використовується для виробництва сталі. Обсяги виробництва сталі у ХХ сторіччі вважалися мірою промислового розвитку країн. Так, у 2004 р. виробництво необробленої сталі досягло 1 млрд т, у 2010 р. цей показник становив 1,41 млрд т, а 2021 р. – 1,951 млрд т. Споживання сталі у світі на душу населення збільшилося зі 150 кг у 2001 р. до приблизно 230 кг у 2020 р. Передбачається безперервне зростання споживання сталі: очікується збільшення споживання сталі у світі на 20 % до 2050 року. Враховуючи сировинну базу залізних і марганцевих руд, розвинуту мережу промислових підприємств з їх видобутку та збагачення, металургійних комбінатів із виробництва чавуну і сталі, заводів із виготовлення труб та іншої металевої продукції, залізні руди, безумовно, є і будуть залишатися стратегічним промисловим потенціалом України.

**Формулювання проблеми, актуальність її вирішення. Запаси.** За оцінкою геологічної служби США (USGS), світові запаси залізної руди на 1 січня 2023 року становили 190,0 млрд т, у яких міститься 87 млрд т заліза (табл. 1). При цьому загальні світові ресурси оцінюються більш ніж у 800 млрд т, що містять 230 млрд т корисного компоненту.

За розрахунками Геологічної служби Сполучених Штатів Америки (USGS), які враховують тільки підтверджені запаси, Україна до 2021 р. посідала 5-ге місце у світі за запасами залізних руд і 6-ге – з виробництва залізорудної сировини (ЗРС) до 2021 р., але у зв'язку з російською військовою агресією за останні два роки за виробництвом ЗРС опустилася на 11-ге місце, хоч за експортом залізної руди продовжує утримувати 7-ме місце (рис. 1).



**Рис. 1.** Провідні світові країни – експортери залізної руди у 2022 році, за вартістю (Leading iron ore, 2022)

**Fig. 1.** Leading iron ore exporting countries worldwide in 2022, based on value

**Таблиця 1.** Світові ресурси і виробництво залізної руди (US Geological Survey, 2024)  
**Table 1.** World Reserves and Mine Production of Iron Ore

№	Country	Reserves, Bt million metric tons		Share of countries, %.	Mine production		
		Crude ore	Iron content		Usable ore, Mt thousand metric tons		
					2021	2022	2023
1.	Australia	58,00	27,00	30,53	900,00	944,00	960,00
2.	Brazil	34,00	15,00	17,90	380,00	435,00	440,00
3.	Russia	29,00	14,00	15,26	100,00	84,20	88,00
4.	China	20,00	6,90	10,53	360,00	272,00	280,00
<b>5.</b>	<b>Ukraine</b>	<b>6,50</b>	<b>2,30</b>	<b>3,42</b>	<b>81,00</b>	<b>34,10</b>	<b>36,00</b>
6.	Canada	6,00	2,30	3,16	57,00	69,00	70,00
7.	India	5,50	3,40	2,90	240,00	251,00	270,00
8.	Iran	3,30	1,50	1,74	50,00	78,30	77,00
9.	United States	3,10	1,30	1,63	48,00	39,00	44,00
10.	Peru	2,60	1,20	1,37	NA	19,30	19,00
11.	Kazakhstan	2,50	0,90	1,32	64,00	53,60	53,00
12.	Sweden	1,30	0,60	0,68	40,00	38,90	38,00
Other countries		18,20	10,60	9,58	157,00	181,60	125,00
World total (rounded)		190,00	87,00	100,00	2537,00	2500,00	2500,00

Згідно даних Державного інформаційного геологічного фонду України (ДНВП «Геоінформ України»), який на відміну від американської USGS, враховує не тільки підтвержені запаси корисних копалин, а й прогнозні ресурси (можливу кількість корисних копалин на геологічно недостатньо вивчених ділянках земної кори і гідросфери), станом на 01.01.2022 р., обсяги балансових запасів руд заліза в Україні становили 18 233,67 млн т, а кількість родовищ залізних руд у 2020 р. – 60 (Портал даних, 2022). На початку 2024 р. в країні – 60 (Портал даних, 2022). На початку 2024 р. розроблялося 24 родовища, два з яких (Південно-Білозерське і Переверзівське), що експлуатує Запорізький залізорудний комбінат, розташовані на тимчасово окупованій території в Запорізькій області.

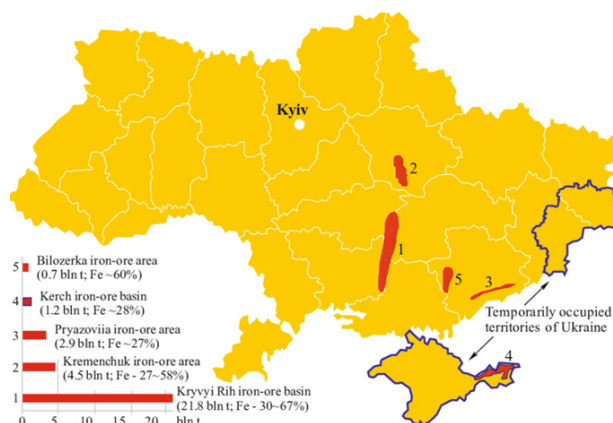
Криворізький залізорудний басейн (Кривбас) і Кременчуцький район утворюють єдину Криворізько-Кременчуцьку зону, а разом із Білозерським районом – Великий Кривий Ріг, на який припадає основний обсяг видобутку залізних руд.

Родовища залізних руд матаморфогенні, пов'язані із залізисто-кременистими формаціями докембрію (Кривбас, Кременчуцький, Приазовський, Білозерський та інші геологічні райони) і осадовими породами неогену (Керченський залізорудний басейн). Основні запаси пов'язані з першим типом. Середніх виділяють: багаті руди (вміст Fe 46–70 %) та залістисті кварцити (10–45 %). Багаті руди переважно гематитові. Рудні тіла пластові, стовбуроподібні та лінзові потужністю від 2–4 до 100–120 м. Залістисті кварцити за мінеральним складом поділяють на магнетитові й гематитові (окислені). Потужність промислових пластових рудних тіл – від 10 до 500–600 м. Осадові залізні руди представлені пластами (від 2–3 до 15 м) бурих оолітових залізників переважно гідрогетитового складу (вміст заліза – 32–40 %). Розташування

залізорудних районів України наведено на рис. 2 (Bazaluk et al., 2021).

Рівень забезпеченості України балансовими запасами залізної руди можна визначити як високий. За умови подальшого збереження обсягів видобування руд заліза балансових запасів вистачить на 100 років.

*Гірничо-добувні і переробні підприємства.* На цей час в Україні ведеться видобуток багатих залізних руд гематито-мартитового складу з масовою часткою заліза загального 45–60 % і залістистих магнетитових кварцитів із масовою часткою заліза загального < 45 %. Багаті залізні руди добуваються підземним способом, магнетитові кварцити, переважно, відкритим. На балансі деяких підприємств стоять окислені (гематитові) кварцити, але зараз вони не перероблюються, а складуються у спеціальних відвалах.



**Рис. 2.** Основні залізорудні басейни України (просторове розташування, запаси та вміст заліза)

**Fig. 2.** Major iron ore basins of Ukraine (spatial location, reserves, and content of iron)

У 2020 році видобування руд заліза здійснювалося на родовищах, у яких зосереджено понад половини

(≈60 %) від усіх розвіданих запасів України. Видобування здійснювали 14 гірничо-видобувних підприємств, у тому числі багатих залізних руд: ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» (ПАТ «КЗРК») розробляв поля шахт Тернівської (ім. Леніна), Козацької (Гвардійської), Покровської (Октябрської) та Криворізької (Родіна); ПАТ «Суша балка» – поля шахт «Ювілейна» та ім. Фрунзе; ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (ПАТ «АМКР») розробляв поле шахти ім. Артема; ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат» (ПрАТ «ЗЗРК») – Південно-Білозерське та Переверзівське родовища. Видобутком магнетитових кварцитів відкритим способом займалися гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК): Північний ГЗК розробляв Первомайське та Ганнівське родовища; Південний – Скелюватське-Магнетитове родовище; Інгулецький – однойменне родовище; Центральний у Дніпропетровській області розробляв родовище Велика Глеюватка, а в Кіровоградській – Петрівське й Артемівське і родовища магнетитових кварцитів поля шахти ім. Орджонікідзе підземним способом на глибині 500 м. У Кременчуцькому залізорудному районі видобутком займався ПрАТ «Полтавський ГЗК» (ПрАТ «ПГЗК») на

базі Горішне-Плавнинського та Лавриківського родовищ, а також ТОВ «Єрстівський гірничо-збагачувальний комбінат», який розробляв Єрстівське родовище (Портал, 2022).

У таблицях 3, 4 наведено балансові запаси й обсяги видобування багатих залізних руд (згідно Спеціальних дозволів на користування надрами).

За даними табл. 3, на балансі діючих підприємств з видобутку багаті залізної руди підземним способом за категоріями А + В + С<sub>1</sub> стоїть 1195,394 млн т руди, за категорією С<sub>2</sub> – 220,716 млн т, без врахування родовища поля шахти ім. Артема. Запаси з невизначеним промисловим значенням становлять 175,579 млн т.

Видобуток руди ведеться на горизонтах 1000 м на Запорізькому залізорудному комбінаті, де отримують 95 % агломераційної руди з масовою часткою заліза 61 % і мартенівську руду (Fe 54–58 %); на горизонті мінус 1210 м – на шахті ім. Фрунзе (ПрАТ «Суша балка»); мінус 1265–1350 м – на шахтах ПАТ «КЗРК».

Балансові запаси підраховані вище гор. 1340 м та в поверсі 1340–1580 м (шахта «Ювілейна»), а також позабалансові запаси руди (цілик) за категоріями

**Таблиця 3.** Підприємства підземного видобутку та переробки багатих залізних руд  
**Table 3.** Enterprises involved in underground mining and processing of rich iron ores

№	Deposit	Balance sheet reserves, Mt $\frac{A+B+C_1}{C_2}$	Reserves with undetermined commercial value, Mt	Production volumes, Mt	
				2020 p.	2021 p.
Zaporizhzhya Iron Ore Plant					
1.	Pivdeno-Bilozerske	$\frac{159,447}{1,728}$	–	4,020	3,944
	Pereverzivske	$\frac{270,425}{112,254}$	3,365	0,367	0,468
	Total	$\frac{429,872}{113,982}$	3,365	4,387	4,412
Kryvyi Rih Iron Ore Plant					
2.	Ore field of the Kozatska mine (Gvardiyska)	$\frac{56,053}{4,787}$	–	1,129	1,046
	Ore field of the Pokrovska mine (Oktyabrsk)	$\frac{54,928}{4,787}$	167,605	0,499	0,539
	Ore field of the mine Kryvirizka (Rodina)	$\frac{148,1}{4,787}$	–	1,020	1,352
	Ore field of the Ternivska mine (named after Lenin)	$\frac{149,860}{4,787}$	–	0,999	0,939
	Total	$\frac{408,941}{4,787}$	167,605	3,647	3,876
Sukha Balka					
3.	Ore field of the “Juvileyna” mine, Field 6	$\frac{41,928}{0,563}$	7,874	1,529	1,560
	Ore field of the mine named after Frunze	$\frac{14,2}{0,563}$	–	1,008	0,966
	Total	$\frac{56,128}{0,563}$	7,874	2,537	2,526
Pivnichnyi Mining and Processing Plant					
	Ore field of the “Pershotravneva” mine	$\frac{60,576}{72,837}$	–		
4.	Mining and Processing Plant ArcelorMittal Kryvyi Rih				
	Ore field of the mine named after Artem	...	...	0,566	0,632
5.	Bilanivskiy Mining and Processing Plant				
	Deposit Haleschynske	$\frac{239,877}{28,547}$	–	–	–
	Total	$\frac{1195,394}{220,716}$	175,579	11,137	11,446

**Таблиця 4.** Підприємства відкритого видобутку та переробки магнетитових кварцитів  
**Table 4.** Enterprises involved in open mining and processing of magnetite quartzite

№	Deposit	Balance sheet reserves, Mt $\frac{B+C_1}{C_2}$	Reserves outside the projected pit/ore field contour, Mt	Production volumes, Mt	
			$\frac{B+C_1}{C_2}$	2020 p.	2021 p.
Ingulets Mining and Processing Plant					
1	Ingulets	<u>918,998</u> 12,946	<u>—</u> 875,795	28,618	28,808
Pivdennyi Mining and Processing Plant					
2	Skeliuvatske-Magnetitove	<u>824,524</u> —	<u>—</u> 776,554	29,879	31,326
ArcelorMittal Kryvyi Rih					
3	Valyavkinske (Quarry No. 3)	<u>274,408</u> 12,770	<u>—</u> 425,267	14,969	13,628
	Novokryvorizke (Quarry No. 2-bis)	<u>237,542</u> —	<u>641,462</u> 206,003	9,734	11,701
	Total	<u>511,950</u> 12,770	<u>641,262</u> 631,270	24,703	25,329
Centralnyi Mining and Processing Plant					
4	Velika Hleyuvatka	<u>189,054</u> 12,554	<u>—</u> 377,399	4,942	5,428
	Aptemivske	<u>129,295</u> 2,756	<u>—</u> 21,729	2,043	2,203
	Petrivske	<u>146,949</u> 0,960	<u>—</u> 76,042	4,478	4,700
	Mine field named after S. Ordzhonikidze	<u>53,732</u> —	<u>55,836</u> —	1,362	1,424
	Total	<u>519,030</u> 16,27	<u>55,836</u> 475,170	<b>12,825</b>	<b>13,755</b>
Pivnichnyi Mining and Processing Plant					
5	Pervomaiske	<u>762, 635</u> —	<u>—</u> 94,165	20,674	21,564
	Hannivske	...	...	5,936	5,998
	Pershotravneva mine field	<u>606,503</u> 377,067	<u>9,452</u> 1,815	—	—
	Total	<u>1369,138</u> 377,067	<u>9,452</u> 95,980	26,610	27,562
Poltava Mining					
6	Horshne-Plavninsko-Lavryvkiyske	784,537	<u>152</u> —	17,020	19,287
Erystivskyi Mining and Processing Plant					
7	Eristivske	<u>808,469</u> 49,979	<u>—</u> 524,694	12,510	14,096
Bilanivskyi Mining and Processing Plant					
	Bilanivske	<u>1353,662</u> 352,743	<u>—</u> 669,586	—	—
	Haleshchyn	239,877 28,547	<u>776,000</u> —	—	—
	Total	<u>1593,539</u> 381,290	<u>776,000</u> 669,586	—	—
Sukha Balka					
	Yuvileyna mine field	—	<u>589,007</u> 432,877	—	—
	Усього	<u>7330,185</u> 850,322	<u>2223,567</u> 4481,926		

$A + B + C_1 - 6,039$  млн т,  $C_2 - 1,835$  млн т і балансові запаси магнетитових кварцитів у межах глибини 500–1500 м за категоріями  $A + B + C_1 - 589,001$  млн т,  $C_2 - 432,877$  млн т станом на квітень 2019 р. У полі шахти «Першотравнева» (Північний ГЗК) підраховані умовно балансові руди в охоронних ціликах за категоріями  $B + C_1 - 9,452$  млн т,  $C_2 - 1,815$  млн т станом на січень 2021 р. У полі шахти «Покровська» запаси з невизначеним значенням підраховані у поперсі 1565–2015 м, а також в охоронному цілику магістральної залізниці.

У таблиці 4 наведено запаси залізистих магнетитових кварцитів, що добуваються відкритим способом (у кар'єрах) і збагачуються на рудо-збагачувальних фабриках із подальшим отриманням залізорудного концентрату / окатишів.

Таким чином, відповідно до спецдозволів на користування надрами на балансі ГЗК перебуває 7330,185 млн т магнетитових кварцитів за категоріями  $B + C_1$ , за категорію  $C_2 - 850,322$  млн т у проектних контурах діючих кар'єрів. Також підраховано запаси поза контурами кар'єрів, які становлять за категоріями  $B + C_1 - 2223,567$  млн т, за категорією  $C_2 - 4481,926$  млн т.

На Інгулцькому родовищі балансові запаси підраховані до глибини 600 м, з невизначеним промисловим значенням – до глибини 840 м. Розмір кар'єра станом на квітень 2020 р.: довжина по поверхні – 4234 м, ширина по поверхні – 2506 м, середня глибина – 465 м за проектною 667 м.

На Валявкінському родовищі (кар'єр № 3) запаси підраховані до глибини 500 м у межах проектного контуру кар'єра (млн т): за категоріями  $B + C_1 - 309,695$ , за категорією  $C_2 - 13,561$ , поза контуром кар'єру за категорією  $C_2 - 425,266$ . Фактична глибина кар'єра – 385 м, фактичні розміри – по верху: довжина – 2200 м, ширина – 1450 м, по низу: довжина – 400 м, ширина – 190 м.

На Новокриворізькому родовищі (кар'єр № 2-біс) балансові запаси поза контуром кар'єра підраховані для двох різновидів магнетитових кварцитів: з бортовим значенням  $Fe_{\text{магн.}} 16\%$  і  $Fe_{\text{магн.}} 10-16\%$ .

Балансові запаси Скелюватського магнетитового родовища підраховані до глибини 540 м.

На родовищі «Велика Глеюватка» запаси залізистих кварцитів підраховані до глибини 500 м, у тому числі – балансові запаси в проектному контурі кар'єра та з невизначеним промисловим поза проектного контуру кар'єра станом на лютий 2017 р. На Петрівському родовищі запаси підраховані до глибини 540 м.

Родовище магнетитових кварцитів поля шахти ім. Орджонікідзе – єдине в Україні, що розробляється підземним способом. Запаси підраховані в поверхнях вище за 527 м і 527–600 м п'ятого і шостого залізистих горизонтів, а також в охоронному цілику.

Треба зазначити, що проведені пошукові роботи на магнетитові кварцити в полях діючих шахт дали змогу оцінити їх прогностичні запаси до глибини 1500 м у 10 млрд т. Здійснювалися розвідувальні роботи залізистих кварцитів у Криворізькому басейні для підземного відпрацювання на восьми об'єктах. У спецдозволи на користування надрами шахти «Ювілейна» також підраховані запаси на магнетитові кварцити в межах глибин 500–1500 м, але добування поки ще не ведеться.

На Горишне-Плавнинському й Лавриківському родовищах, які розробляються одним кар'єром, запаси на залізисті (магнетитові та кумінгтоніт-магнетитові) кварцити підраховані до глибини 700 м станом на липень 2019 р.

Таким чином, балансові запаси магнетитових кварцитів у проектних контурах кар'єрів підраховані до глибини 500–700 м, а також поза контурами кар'єрів із невизначеним промисловим значенням до глибини 600–800 м.

Балансові запаси цього виду мінеральної сировини підраховані також на родовищах у полях трьох шахт: ім. Орджонікідзе (до горизонту 607 м), «Першотравнева» (до глибини розробки 1500 м) і «Ювілейна» в інтервалі глибин 500–1500 м.

Вище охарактеризовані балансові та позабалансові запаси 28 залізорудних родовищ із 60, переважно тих, що розробляються, а також підготовлені до розробки.

В Україні виробляють увесь спектр товарних залізних руд: залізну руду шматкову та дрібну, залізорудний концентрат, окатиші й агломерат.

Майже вся видобута залізна руда (98 %) використовується для виробництва сталі як на вітчизняних металургійних підприємствах, так і експортується в інші країни.

За обсягами виробництва чавуну та сталі Україна, починаючи з 2006 року, посідала восьме місце у світі але у зв'язку з російською військовою агресією виробництво сталі різко зменшилося. Країна опустилася на 24-те місце за цим показником, і в 2023 р. було вироблено лише 6,26 млн т сталі, 6,0 млн т чавуну, 5,37 млн т прокату. Для порівняння в таблиці 5 наведено обсяги металургійної продукції, виробленої металургійними підприємствами України у 2008 р.

**Таблиця 5.** Металева продукція металургійних підприємств України, 2008 р., млн т (Губіна, Горлицький, 2010)

**Table 5.** Metal products of Ukrainian metallurgical enterprises, Mt 2008

№	Enterprise	Pig Iron	Steel	Rolled product
1.	ArcelorMittal Kryvyi Rih	5,632	6,233	5,406
2.	Azovstal	4,611	5,519	5,039
3.	Ilyich Iron and Steel Works	4,491	5,597	4,476
4.	Alchevsk Iron and Steel Works	3,777	4,356	3,940
5.	Zaporizhstal	3,284	3,942	3,211
6.	Dzerzhinsky Dneprovsky Iron and Steel Works	3,06	3,321	2,777
7.	Yenakieve Steel	2,563	2,733	2,695
8.	Dnepropetrovsk Metallurgical Plant named after Petrovsky	1,167	1,086	0,987
9.	Mokiiivka Iron and Steel Works	1,267	1,254	0,876
10.	Donetsk Metallurgical Plant	0,925	0,870	0,637
11.	Donetsk Electrometallurgical Plant	–	1,038	1,025
12.	Dneprospetsstal	–	0,482	0,289
13.	Kramatorsk Kuybyshev Iron and Steel Works	0,203	–	0,024
<b>Усього</b>		<b>30,98</b>	<b>36,431</b>	<b>31,4</b>

Різке зменшення виробництва металевої продукції пояснюється тим, що з 13 металургійних комбінатів лише 5 залишилося на підконтрольній Україні території (у таблиці 5 вони позначені напівжирним курсивом).

**Постановка проблеми.** Україна володіє значними запасами залізних руд, має на своїй території спеціалізовані добувні й переробні підприємства, розвинуту інфраструктуру в місцях розташування підприємств, але в умовах конкурентної боротьби за ринки збуту залізної продукції перебуває в гіршому становищі, ніж інші країни, за основними показниками, такими як залізо і кремнезем. Із підвищенням глибини розробки знижується масова частка заліза в товарній руді, а витрати на її видобуток. Спостерігається високий ступінь зносу активної частини основних засобів. Собівартість кінцевої продукції збільшуються через зниження горизонтів видобутку руди, необхідність відкачки шахтних вод, збільшення з часом обсягів відходів добування і збагачення за обмежаності вільних площ для їх складування, витрати електроенергії на гідротранспортування «хвостів».

У таблиці 6 наведено характеристики складу залізних руд головних світових країн-експортерів (Вілкул та ін., 2018).

**Таблиця 6.** Характеристики складу залізних руд головних експортерів, %

**Table 6.** Characteristics of the composition of iron ores of the main exporters, %

Country	Fe	SiO <sub>2</sub>	P	S
Australia	62,6–64,9	3,1–4,3	0,05–0,07	0,01–0,02
Sweden	66,5	3,9	0,01	0,001
Brazil	68,0	1,3–1,5	0,025	3,90
South Africa	64,2	5,0	0,04	0,006
Venezuela	63,8	2,2	0,06	0,001
Ukraine	57,4–62,0	8,9–14,0	0,01–0,073	0,007–0,02

Дані таблиці засвідчують, що за основними показниками (Fe, SiO<sub>2</sub>) залізні руди України поступаються рудам провідних експортерів, але масова частка шкідливих домішок (P, S) у рудах близька їх значенням у залізних рудах головних постачальників ЗРС на світовий ринок.

Підвищення якості товарної руди на шахтах Кривбасу на цей час, досягається завдяки підвищенню вмісту заліза в кінцевій дозі випуску руди з блоків (до 50–52 %) замість нормативних 46 %, а також відсіву бідної шматкової фракції на дробильно-сортувальних фабриках (ДСФ) із масовою часткою заліза 46 %. Але це веде до втрат руди в надрах і підвищенню втрат заліза під час збагачення, що негативно впливає на економіку підприємств (Вілкул та ін., 2016; Перегудов та ін., 2013).

На сьогодні *багаті залізні руди* в Україні видобуваються на глибині 1200–1400 м, за проектною – 1580–1650 м. Вміст заліза в руді складає 55–59 %. Бортівим вмістом (мінімальна масова частка корисного

компоненту в руді) вважається 48 % заліза. Запаси на родовищах підраховано до глибини 1580–1650 м.

Для підвищення якості товарної руди й ефективності роботи на підприємствах передбачено наступні заходи: на шахтах ПАТ «КЗРК» введено в дію установку сухої магнітної сепарації; на ПАТ «Суша балка» оновлюється техніка – впроваджено бурову установку Ерігос Boomer T 1D, що призначена для вузьких підземних виробок і тунелів, шахтний 20-тонний самоскид DERUI, який дає змогу вирішувати широкий спектр завдань у вузьких тунелях; ПрАТ «ЗЗРК» – лідер у використанні природогармонізованих технологій для видобутку залізних руд. У виробничому процесі здійснюється закладка виробленого простору вмшуючими породами з використанням шахтних вод, що відкачуються, і випарювання останніх у ставку-випаровувачу. Ці проблеми на жодному вітчизняному підприємстві, крім ЗЗРК, не вирішені. Загалом на комбінаті вплив скидання шахтних вод на водні ресурси регіону в 46,8 разів менше, ніж за використання камерної системи з обваленням руди і вмшуючих порід. Технології, які реалізовані й застосовуються в ПрАТ «ЗЗРК», за показником інтегрального екологічного впливу в 11 разів відрізняються в кращій бік від традиційних технологій розробки родовищ підземним способом.

*Магнетитові кварцити* є метаморфічними породами, складають пластові тіла потужністю від 50–100 до 500–600 м, які в геологічному відношенні відповідають залізистим горизонтам саксаганської світи. Мають полімінеральний склад (магнетит + гематит + кварц + силікати заліза + карбонати заліза). На сьогодні видобуваються в кар'єрах на глибині 350–400 м за проектною – 600–700 м і спрямовуються на рудо-збагачувальні фабрики (РЗФ). Процес збагачення магнетитових кварцитів відбувається за умов трьох-п'ятистадійного подрібнення та трьох-п'ятистадійної магнітної сепарації у водному середовищі, за якого отримують два продукти: концентрати з масовою часткою заліза загального 65 і 68 % і відходи збагачення (хвости). При цьому із залізистими магнетитовими кварцитами відбуваються суттєві мінеральні та фізико-хімічні зміни (Губіна та ін., 2020; Верховцев, Покалюк та ін., 2022; Губіна та ін., 2023; Верховцев, Губіна та ін., 2022).

Технічна вода, яка задіяна в технологічному циклі збагачення, реагує з подрібненим матеріалом вихідної корисної копалини, збагачується легкорозчинними й іншими компонентами, після чого спрямовується у хвостосховища у складі «хвостів» збагачення, порушуючи екологічний стан довкілля (Губіна, Кадошніков, 2004; Губіна та ін., 2007; Яценко та ін., 2022).

Проблемами отримання концентрату з магнетитових кварцитів нині є удорожчання продукції через зниження гірничих робіт у кар'єрах, недостатнє вилучення заліза під час збагачення, зашламованість промпродуктів і концентрату, в разі застосування мокрих способів збагачення. Найбільш енерговитратною операцією процесу збагачення залізистих кварцитів є подрібнення залізної сировини, яке відбувається на

збагачувальній фабриці. Зменшення цих витрат можливе завдяки тоншому дробленню руди в кар'єрі. Концентрат кращої якості отримують у разі безкулькового подрібнення на збагачувальних фабриках, яке застосовується лише на Інгулецькому ГЗК, на всіх інших комбінатах України млини оснащені кулями.

*Гематитові (окислені) кварцити* є продуктом вивітрювання магнетитових кварцитів. Мають практично бімінеральний (гематит + кварц) склад. Другорядними мінералами є гетит, дисперсний гетит, дисперсний гематит, каолінит, релікти силікатів і карбонатів заліза. Гематитові кварцити складають верхні (глибина приблизно до 100 м) частини залізистих горизонтів саксаганської світи. У межах Саксаганського залізрудного району Кривбасу вздовж розривних порушень їхні поклади поширені на глибину до 2000 і більше метрів. Прогнозні запаси гематитових кварцитів у межах гірничих відводів діючих підприємств басейну, за різними оцінками, становлять від 30 до 50 млрд т. Вони є основним резервом стабільного розвитку гірничорудної, збагачувальної та металургійної галузей промисловості України.

Руди цього виду нині не збагачуються, розглядаються як сировина для Криворізького ГЗК окислених руд (КГЗКОР). На родовищах чотирьох ГЗК (Інгулецького, Південного, АрселорМіттал Кривий Ріг, Центрального) на окислені кварцити підраховані як балансові запаси в межах проектних контурів кар'єрів, так і запаси поза межами проектних контурів. На цих комбінатах вони видобуваються і складаються на поверхні у спеціальних відвалах. Але під час обстеження накопичених окислених кварцитів у відвалах виявилось, що вони дуже збіднені іншими розкривними породами. Можливо, для видачі спецдозволів на користування надрами або їх подовження потрібно підприємствам ставити умови обов'язкової переробки цього різновиду залізвмісної сировини, для чого треба створити нормативно-законодавчу базу.

Із залученням до експлуатації окислених кварцитів вирішуються такі завдання: зменшується швидкість зниження гірничих робіт у кар'єрах, що знижує собівартість кінцевої залізистої продукції; не втрачається залізо у їх складі в полях діючих шахт і кар'єрів. Технічно це можливо робити не тільки на Криворізькому ГЗК окислених руд, а й за умови переобладнання однієї із збагачувальних фабрик на ГЗК на збагачення гематитових кварцитів.

**Отримані результати та їх обговорення.** Аналіз численних літературних даних і власні дослідження показали, що для вирішення проблем, що виникли в залізрудній гірничо-переробній галузі України, у науково-технічному середовищі розглядаються такі можливі шляхи подальшого розвитку добування і збагачення залізної руди в Україні:

- збільшення глибини кар'єрів відкритої розробки руди з подальшим комплексним відкрито-підземним відпрацюванням визначених родовищ або всіх родовищ Криворізького басейну;
- розробка принципово нових, менш енергомістких і витратних технологій відпрацювання запасів природно-багатих руд на великих глибинах, які пов'язані з потребою в переході на двоступінчасті схеми підйому руди на поверхню, з переробкою руди в підземних умовах, закладанням пустими породами гірничих виробок

з подачею на поверхню вже концентрату чи окатишів. На шахтах Криворізького залізрудного басейну глибина існуючих підйомних стовбурів наближається до граничної глибини I ступеня підйому, яка для багатьох діючих підйомних установок дорівнює 1500 м. З огляду на це за поточних річних потужностей шахт очисні роботи досягнуть граничної глибини I ступеня підйому через 15–25 років;

- відпрацювання законсервованих покладів гематитових кварцитів, залучення до підземної розробки магнетитових кварцитів, що залягають у полях шахт і міжрудничних ділянках, запаси яких становлять 5 млрд т із середнім вмістом заліза 35,74 % і магнетитового 26,6 %, застосування таких нетрадиційних технологічних інноваційних рішень, як пряме відновлення заліза.

У подальшому розвиток галузі неможливий без застосування високопродуктивної гірничої техніки найкращих світових виробників: автосамоскидувачів вантажопідйомністю 90–180 т, екскаваторів з ковшами ємністю 10–15 м<sup>3</sup>, електрифікованого залізничного транспорту, пересувних дробильно-конвеєрних установок, роторних комплексів, крутопадаючих конвеєрних підйомників.

Нарощування мінерально-сировинної бази залізрудної сировини в Україні можливе завдяки:

- планомірному нарощуванню запасів залізних руд як на відомих родовищах, так і на нових площах;
- промисловій розробці малих залізрудних родовищ;
- використанню залізвмісних відходів як залізрудної сировини (Губіна, Горлицький, 2010).

**Висновки.** В Україні є всі передумови для подальшого розвитку залізрудної галузі, а саме:

- наявність значних обсягів запасів залізних руд і розвинута інфраструктура в районах розташування діючих підприємств;
- наявність підрахованих балансових запасів залізрудної сировини в проектних контурах кар'єрів і шахт, поза проектних контурів, у міжрудничних ділянках діючих гірничодобувних підприємств;
- можливості промислового освоєння малих залізрудних родовищ;
- залучення до експлуатації окислених кварцитів у полях діючих шахт і кар'єрів та магнетитових кварцитів у полях діючих шахт;
- наявність готових технологічних рішень для добування та підйому залізної руди з горизонтів нижче за 2000 м у шахтах, перехід на підземно-відкриту розробку родовищ корисних копалин;
- підвищення якості магнетитових концентратів на ГЗК шляхом включення до схем збагачення флотаційної доводки або тонкого грохочення;
- застосування розроблених технологічних схем отримання залізрудного концентрату з гематитових кварцитів, за умови переобладнання однієї із збагачувальних фабрик ГЗК або побудови спеціалізованого комбінату для здійснення цих задач.

#### Література

1. Верховцев В. Г., Губіна В. Г., Яценко В. Г., Покалюк В. В., Лавриненко О. М., Заборовська Л. П. Мінеральні та фізико-хімічні зміни неокислених залізних руд (магнетитових кварцитів) Кривбасу в технологіях видобування та переробки. *Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та*

*Геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття (MinGeoIntegration XXI):* мат-ли Всеукраїнської конф., м. Київ, 28–80 вересня 2022. Київ, 2022. С. 114–117.

2. Верховцев В. Г., Покалюк В. В., Губіна В. Г., Снісар В. П., Антоненко Т. С., Земсков Г. О. (2022). Зміни магнітних властивостей магнетитових кварцитів Інгулецького родовища Кривбасу в процесі збагачення. *Геохімія техногенезу*, 7 (35), 42–46.

3. Вілкул Ю. Г., Азарян А. А., Колосов В. О., Караманіць В. І. (2018). Короткий огляд і аналіз стану добування залізородної сировини в Кривбасі за 2012–2017 рр. *Відомості Академії гірничих наук України*, 9, 4–12.

4. Вілкул Ю. Г., Азарян А. А., Колосов В. О., Караманіць В. І., Батарєєв А. С. (2016). Проблеми і перспективи розвитку підземного добування залізних руд. *Кривбас. Відомості Академії гірничих наук України*, 7, 8–18.

5. Губіна В. Г., Горлицький Б. О. (2010). Залізівмісні відходи України: стан та перспективи використання. Київ: Логос. 39 с.

6. Губіна В. Г., Кадошніков В. М. (2004). Фізико-хімічні перетворення відходів збагачення залізистих кварцитів. *Геохімія та екологія*, 10, 76–79.

7. Губіна В. Г., Кадошніков В. М., Заборовський В. С., Лебедєв С. Ю. Технічні води хвостосховищ Кривбасу: *збірник наук. статей «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення»*, Харків, 2007. Т. 1. С. 376–380.

8. Губіна В. Г., Курочкін Г. М., Губін Г. Г., Короленко М. К. (2020). Магнітні властивості слабomagнітних мінералів залізистих кварцитів Кривбасу. *Геохімія техногенезу*, 4 (32), 58–64.

9. Губіна В. Г., Покалюк В. В., Верховцев В. Г., Яценко В. Г., Заборовський В. С. (2023). Хімічний склад поточних хвостів збагачення магнетитових кварцитів Криворізького басейну. *Мінералогічний журнал*, 45, № 1, 59–71.

10. Перегудов В. В., Грицина О. Є., Протасов В. П., Драгун Б. Т., Гук А. Ю. (2013). Етапи розвитку, сучасний стан і проблеми гірничодобувного комплексу Криворізького залізородного басейну, 7, 97–100.

11. Портал даних гірничодобувної галузі України [Електронний ресурс]. URL: [https://eiti.gov.ua/resursi-rozvidka-ta-vidobuvannya/rudi-zaliza\\_2022/19.02.2024](https://eiti.gov.ua/resursi-rozvidka-ta-vidobuvannya/rudi-zaliza_2022/19.02.2024).

12. Яценко В. Г., Бужук Л. О., Шкапенко В. В., Покалюк В. В., Тищенко Ю. Є., Кузенко С. В. (2022). Зміни хімічного складу технічної води у процесі збагачення магнетитових кварцитів на Інгулецькому гірничо-збагачувальному комбінаті. *Геохімія техногенезу*, 7 (35), 87–91.

13. Bazaluk O., Petlovanyi M., Lozynskyi V., Zubko S., Sai K., Saik P. (2021). Sustainable Underground Iron Ore Mining in Ukraine with Backfilling Worked-Out Area. URL: [https://www.researchgate.net/figure/Major-iron-ore-basins-of-Ukraine-spatial-location-reserves-and-content-of-iron\\_fig3\\_348518480](https://www.researchgate.net/figure/Major-iron-ore-basins-of-Ukraine-spatial-location-reserves-and-content-of-iron_fig3_348518480).

14. Leading iron ore exporting countries worldwide in 2022, based on value. URL: <https://www.statista.com/statistics/1247850/leading-exporting-countries-of-iron-ore/> 21.04.2024.

15. US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024: вебсайт. URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-iron-ore.pdf>. 19.02.2024.

## Reference

1. Verkhovtsev, V.G., Gubina, V.G., Yatsenko, V.G., Pokaliuk, V.V., Lavrynenko, O.M., Zaborovska, L.P. (2022). From Mineralogy and Geognosy to Geochemistry, Petrology, Geology and Geophysics: fundamental and applied trends of the 21st century (MinGeoIntegration XXI): Proceedings of the All-Ukrainian Conference, Kyiv, September 28–30, 2022. Kyiv, 2022. P. 114–117.

2. Verkhovtsev, V.G., Pokaliuk, V.V., Gubina, V.G., Snisar, V.P., Antonenko, T.S., Zemskov, G.O. (2022). Geochemistry of technogenesis, 7 (35), 42–46.

3. Vilkul, Y.G., Azaryan, A.A., Kolosov, V.O., Karamanits, V.I. (2018). Bulletin of the Academy of Mining Sciences of Ukraine, 9, 4–12.

4. Vilkul, Y.G., Azaryan, A.A., Kolosov, V.O., Karamanits, V.I., Batareev, A.S. (2016). Kryvbas Bulletin of the Academy of Mining Sciences of Ukraine, 7, 8–18.

5. Gubina, V.G., Horlytskyi, B.O. (2010). Iron-containing waste of Ukraine: state and prospects of use. Kyiv: Logos. 39 p.

6. Gubina, V.G., Kadoshnikov, V.M. (2004). *Geochemistry and Ecology*, 10, 76–79.

7. Gubina, V.G., Kadoshnikov, V.M., Zaborovskiy, V.S., Lebedev, S.Yu. (2007). Collection of sciences. of articles “Ecological safety: problems and solutions”, Kharkiv, 2007. Vol. 1, pp. 376–380.

8. Gubina, V.G., Kurochkin, H.M., Gubin, H.G., Korolenko, M.K. (2020). *Geochemistry of technogenesis*, 4 (32), 58–64.

9. Gubina, V.G., Pokaliuk, V.V., Verkhovtsev, V.G., Yatsenko, V.G., Zaborovskiy, V.S. (2023). *Mineralogical Journal*, 45, No. 1, 59–71.

10. Peregudov, V.V., Hrytsina, O.E., Protasov, V.P., Dragun, B.T., Huk, A.Yu. (2013). Stages of development, current state and problems of the mining complex of the Kryvyi Rih iron ore basin, 7, 97–100.

11. Data portal of the mining industry of Ukraine [Electronic resource]. URL: [https://eiti.gov.ua/resursi-rozvidka-ta-vidobuvannya/rudi-zaliza\\_2022/02/19/2024](https://eiti.gov.ua/resursi-rozvidka-ta-vidobuvannya/rudi-zaliza_2022/02/19/2024).

12. Yatsenko, V.G., Buzhuk, L.O., Shkapenko, V.V., Pokaliuk, V.V., Tyshchenko, Yu.E., Kuzenko, S.V. (2022). *Geochemistry of technogenesis*, 7 (35), 87–91.

13. Bazaluk, O., Petlovanyi, M., Lozynskyi, V., Zubko, S., Sai, K., Saik, P. (2021). Sustainable Underground Iron Ore Mining in Ukraine with Backfilling Worked-Out Area. URL: [https://www.researchgate.net/figure/Major-iron-ore-basins-of-Ukraine-spatial-location-reserves-and-content-of-iron\\_fig3\\_348518480](https://www.researchgate.net/figure/Major-iron-ore-basins-of-Ukraine-spatial-location-reserves-and-content-of-iron_fig3_348518480).

14. Leading iron ore exporting countries worldwide in 2022, based on value. URL: <https://www.statista.com/statistics/1247850/leading-exporting-countries-of-iron-ore/> 04/21/2024.

15. US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024: website. URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-iron-ore.pdf>. 19.02.2024.

## STATE AND PROSPECTS OF THE IRON ORE INDUSTRY OF UKRAINE

*Hubina V.H., Chornonoh S.S.*

**Hubina V.H.**, Ph. D. (Geol.-Min.), Senior Research Fellow, Leading Researcher State Institution “Institute of Environment Geochemistry of the NAS of Ukraine”, ORCID: 0000-0001-7486-5451, [gvg131619@gmail.com](mailto:gvg131619@gmail.com)

**Chornonoh S.S.**, specialist, Kyiv National University of Technology and Design, ORCID:0009-0006-9364-8827, [serjios19@gmail.com](mailto:serjios19@gmail.com)

*The article analyzes the current state and prospects of development of the iron ore industry in Ukraine. The author shows Ukraine's place in the world rankings in terms of iron ore reserves and exports. The state of the existing iron ore mining and processing enterprises is highlighted. According to special permits for the use of subsoil, the balance reserves and production volumes of rich iron ores of enterprises that develop deposits by underground mining and reserves of ferruginous magnetite quartzite, which are mined by open-pit mining and enriched at ore processing plants with further production of iron ore concentrate/pellets, are presented. It is shown that the depth of working horizons in quarries is currently 280–420 m, and working horizons in mines are 1200–1300 m. At the same time, the balance reserves are estimated to a depth of 500–600 meters in the design contours of quarries and up to 1800–1900 meters in deposits in the fields of operating mines, as well as reserves with uncertain commercial value outside the design contours of quarries and in intermine targets in the fields of mines. The problems of iron ore mining and beneficiation at the present stage are highlighted. It is shown that Ukraine has all the prerequisites for further development of the iron ore industry, namely developed infrastructure in the areas where existing enterprises are located; availability of balance reserves of iron ore raw materials at deposits and intermine areas of existing mining enterprises, the possibility of industrial development of small iron ore deposits, involvement of oxidized quartzite in the fields of existing mines and quarries and magnetite quartzite in the fields of existing mines; availability of ready-made technological solutions for mining and lifting iron ore from horizons below 2000 m in mines, transition to underground and open-pit mining of mineral deposits; technological solutions for improving the quality of magnetite concentrate and producing hematite concentrate.*

**Key words:** iron ore industry, balance reserves, rich iron ores, magnetite quartzites, hematite quartzites.