

УДК 622.7:621.796; 622.341:622.7-913.1

DOI <https://doi.org/10.32782/geotech2023.37.07>

Губіна В.Г.

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

СУЧАСНИЙ СТАН ВІДВАЛІВ ІНГУЛЕЦЬКОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

У статті проаналізовано сучасний стан відвалів Інгuleцького гірничо-збагачувального комбінату. Узагальнено інформацію щодо історії формування відвалів, як сучасних, так і законсервованих, їх кількості, розташування, обсягів накопичених в них гірських порід, площ, які вони займають. На початок 80-х років минулого сторіччя у відвалах Інгuleцького ГЗК було заскладовано 88 999 тис. м³ розкривних і вміщуючих порід на площі 240 га. На сьогодні Інгuleцький ГЗК складає розкривні і вміщуючі породи у два відвали – № 1 і № 2 та дамбу хвостосховища. Відвал № 3 законсервований з 2008 р. і готується до рекультивзації. Визначено різновиди мінеральної сировини, яка накопичена у відвалах, і розподілення цих різновидів по різних відвалах. У контурі діючого кар'єра розкриті породи криворізької серії протерозою у складі скелюватської та саксаганської світ. Саксаганська світа представлена залістими кварцитами і сланцями (п'ять залістих і п'ять сланцевих горизонтів). Серед порід скелюватської світи розвинуті метатісковики, кварц-серіцитові сланці, талькові сланці. Особливістю Інгuleцького кар'єра є велика потужність виходу у східному борту кар'єра талькових сланців (до 160 м). До ресурсоцінних порід Інгuleцького родовища, крім власне залістих кварцитів, можна віднести тальковмісні, гранатовмісні, мусковітовмісні, хлоритовмісні сланці, з яких можна отримати концентрати визначеної нерудної сировини, мінеральні пігменти (вохру, сурик, селадоніт, мартит, гетит, рибекіт), колекційне й виробне каміння (кварц, халцедон, опал, цитки гірського кристалю, димчастого кварцу, морюну, аметисту, цитрину), радіально-променевої агрегати голчатих яскраво-зелених кристалів егірину – «егіринове сонце».

Ключові слова: Криворізький залізорудний басейн, відвали, розкривні породи, мінеральна сировина, ресурсоцінні мінеральні відходи.

Вступ. Специфікою гірничорудного виробництва є постійне збільшення глибини розробки родовищ корисних копалин, що викликає неминуче зростання обсягів відходів у вигляді розкривних порід, які складуються на промислових площадках гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК). За даними Державної служби статистики України, зі всіх відходів, що утворюються в Україні, 84 % – це відходи, що утворюються під час розроблення кар'єрів (розкривні і вміщуючі породи), з яких 77 % – відходи добування рудних корисних копалин. За даними підприємств, 50 % розкривних і вміщуючих порід спрямовуються у відвали [1].

На всіх залізорудних родовищах України запаси підраховані лише на один корисний компонент – залізо, усі інші корисні копалини, які входять до складу розкривних і вміщуючих порід, вважаються відходами і спрямовуються у відвали. Одночасно із цим, починаючи із середини 80-х років минулого сторіччя, науково-дослідними установами проводилися дослідження щодо можливостей використання супутніх корисних копалин родовищ Криворізького басейну у промисловості. Узагальнення та систематизація даних щодо мінерально-петрографічного складу і принципових технологічних рішень отримання товарної продукції з розкривних порід (відходів видобутку) з метою

раціонального використання мінеральної сировини є дуже актуальним. Вважаємо за потрібне вести облік мінеральних різновидів порід, що відкриті в бортах діючих кар'єрів і/або спрямовуються у відвали.

Останні дослідження та публікації. Єдине академічне видання, у якому узагальнено інформацію щодо комплексного використання мінеральної сировини гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) України, у т. ч. Криворізького басейну (відвалів розкривних порід і хвостосховищ), видане в 1984 році [2]. У цій монографії наведено інформацію щодо кількості відвалів ГЗК, місць їхнього розташування, розмірів, обсягів порід, що заскладовані, а також їх різновидів станом на той час. У роботах [3–6] усі відвали, що розташовані на території Кривбасу, включно з дореволюційними, характеризуються з точки зору геоморфології і виділяються як антропогенні форми рельєфу. У роботі [6] наведені типи відвалів за видом розкривних порід (мішані, щербеністі, пухкі).

Мета статті. Проаналізувати сучасний стан відвалів Інгuleцького ГЗК. Визначити різновиди ресурсоцінної мінеральної сировини, яка у складі розкривних і вміщуючих порід в них накопичується.

Виклад матеріалу дослідження. Інгuleцький ГЗК розробляє однойменне родовище залістих кварцитів

з 1965 р. Фактичні параметри кар'єру в плані становлять: довжина – 3680 м, ширина – 2287 м, глибина – 450 м (відмітка дна кар'єру мінус 390 м). Відвали розкритих порід розміщені на площі 748,3 га [7]. Гірничі роботи в кар'єрі розвиваються в північному напрямку з одночасним їх зниженням. Відпрацьовується північна та північно-західна частини кар'єру на горизонтах мінус 165 м, мінус 210 – мінус 240 м. Залучення значних запасів руди відбувається через відпрацювання центральної частини кар'єру на горизонтах мінус 375 – мінус 390 м. Станом на 01.01.2021 в кар'єрі розкритий горизонт мінус 405 м. Виконуються гірничі роботи з підготовки та поглиблення дна кар'єру. Виконується постановка на кінцевий контур західного, східного та південного бортів кар'єру. На цей час частково розташований на кінцевому контурі південний борт до горизонту мінус 300 м і західний борт до горизонту мінус 180 м. На відміну від інших родовищ, особливістю Інгулецького родовища є присутність у складі порід саксаганської світи п'яти залізистих і п'яти сланцевих горизонтів, що відкриті в контурі діючого кар'єру, серед яких є ресурсоцінні різновиди нерудної мінеральної сировини, а саме: мусковіт, біотит, гранат у складі сланців першого – четвертого сланцевих горизонтів. Тальковмісні сланці скелюватської світи, які простежуються на 100 км скрізь увесь басейн, також найбільше відкриті в контурі Інгулецького кар'єру. На півдні родовища потужність горизонту становить до 160 м у його східній частині.

Геологічна будова родовища

Інгулецьке родовище магнетитових кварцитів приурочене до замкової частини Лихманівської синкліналі. Замкова частина синкліналі на розрізах у межах родовища має коритоподібну форму. Східне крило синкліналі характеризується субмеридіальним простяганням західним, часто зворотним падінням. Східне крило простежується далеко на північ, де воно стає одночасно західним крилом Тарапако-Лихманівської антикліналі. Західне крило синкліналі невитримане по простяганням. По західній границі Лихманівської синкліналі проходить Західний розлом, який на всьому простяганням, крім південної частини, зрізає її західне крило, і слугує границею порід метаморфічного комплексу і розвинених на захід гранітів-мігматитів.

У структурному відношенні родовище являє собою синклінальну складку, ускладнену трьома поздовжніми розривними порушеннями. Крім того, характерною особливістю синкліналі є зміна потужності порід, що складають її. Західне крило синкліналі на всій протяжності має значно меншу потужність, ніж східне, що надає їй асиметричний характер. Загальне простягання синкліналі в цілому субмеридіальне, хоча на окремих ділянках характерні значні відхилення по широті. На півдні родовища (маркшейдерська вісь (м. в.) 30–48) синкліналь має відкритий характер, ширина в продуктивній товщі становить 1000 м і більше за висоти складки 350–400 м; залягання порід субгоризонтальне, ускладнене дрібною складкою (рис. 1).

Далі на північ (м. в. 54–66) занурення шарніра складки різко збільшується, одночасно зі збільшенням висоти складки зменшується її ширина і на північ (м. в. 70–76). Лихманівська синкліналь набуває характеру вузької ізоклінальної складки, ширина якої в кілька разів менша за її висоту (рис. 2, 3). Зі зміною характеру складки змінюються й елементи залягання порід. Кути падіння різко збільшуються і в північній частині родовища вони досягають 75–80°.

Розривні порушення в межах родовища поширені досить широко, проте більшість із них суттєвої ролі у структурі родовища не грають. Переважають поздовжні розривні порушення, які на окремих обмежених ділянках стають діагональними щодо складчастої структури.

Геолого-структурний план і геологічні розрізи по маркшейдерських осях Інгулецького родовища наведено на рис. 1–4.

Породи *скелюватської світи* PR_1sk (аркозові пісковики, філіти, кварц-слюдисто-талькові сланці) простежуються безперервною смугою в східному крилі синкліналі, у західному крилі – зрізані Лихманівським розломом. Найбільша потужність скелюватської світи 300–450 м у південній частині в замку синклінальної складки, у північній – зменшується до 100 м (рис. 2, 3).

Саксаганська світа (PR_1sx) у межах Інгулецького родовища починається першим сланцевим горизонтом (PR_1sx^{1s}), завершується п'ятим залізистим (PR_1sx^{5f}). Рудоносу товщу складають перший (PR_1sx^{1f}), другий (PR_1sx^{2f}), третій (PR_1sx^{3f}), четвертий (PR_1sx^{4f}) і п'ятий (PR_1sx^{5f}) залізисті і відповідні сланцеві горизонти (PR_1sx^{1s} , PR_1sx^{2s} , PR_1sx^{3s} , PR_1sx^{4s} , PR_1sx^{5s}). Продуктивними горизонтами є другий (PR_1sx^{2f}) – п'ятий (PR_1sx^{5f}) залізисті й третій (PR_1sx^{3s}) – п'ятий (PR_1sx^{5s}) сланцеві горизонти, серед яких виділено сім мінералого-технологічних типів магнетитових кварцитів, які видобуваються та збагачуються на збагачувальній фабриці.

Перший сланцевий горизонт (PR_1sx^{1s}) представлений мусковіт-кварц-біотитовими (центральні зони горизонту) і гранат-біотит-кварц-кумінгтонітовими (периферійні зони) сланцями. Його потужність у східному крилі становить 20–40 м, у західному – 10–20 м, у межах замкнення Лихманівської синкліналі – 50–60 м [8].

Перший залізистий горизонт (PR_1sx^{1f}) складений біотит-магнетит-кумінгтонітовими і кумінгтоніт-магнетитовими кварцитами середньо- (2–5 мм) і широковерстуватої (5–10 мм) текстури. У центральній частині горизонту зустрічаються лінзоподібні тіла магнетитових кварцитів. Середня масова частка $Fe_{заг}$ у породах горизонту – 31,57 %, $Fe_{магн}$ – 20,57 %. Потужність горизонту змінюється від 10–30 м на крилах Лихманівської синкліналі до 100 м в її замковій частині. У західному крилі породи горизонту зрізуються розломом в районі м. в. 46, а на північ від м. о. 80 повністю відсутні.

Другий сланцевий горизонт (PR_1sx^{2s}) представлений сланцями гранат-кумінгтонітовими, гранат-біотитовими і гранат-хлорит-біотитовими з прошарками безрудних кварцитів. Потужність горизонту в південній

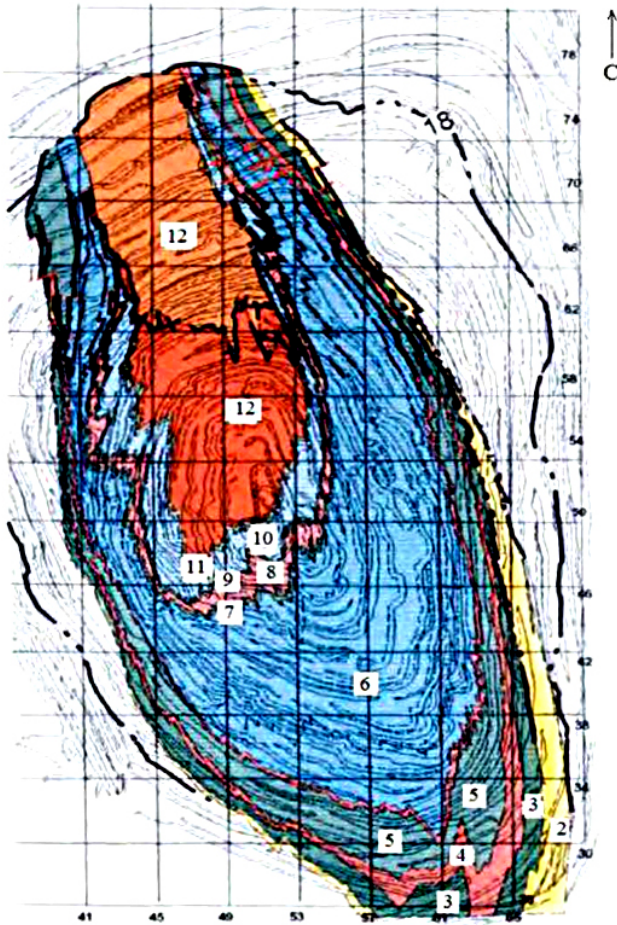


Рис. 1. Геолого-структурний план Ігулецького родовища [7]:

2 – талькові сланці PR_{1sk}^{1-2} ; 3 – хлорит-біотитові сланці PR_{1sx}^{1s} ; 4 – силікат-магнетитові кварцити PR_{1sx}^{1f} ; 5 – гранат-біотитові сланці PR_{1sx}^{2s} ; 6 – магнетит-силікатні кварцити, амфібол-магнетитові кварцити, магнетитові кварцити, силікат-магнетитові кварцити PR_{1sx}^{2f} ; 7 – біотит-амфіболові сланці PR_{1sx}^{3s} ; 8 – силікат-магнетитові і магнетит-силікатні кварцити PR_{1sx}^{3f} ; 9 – гранат-біотит-амфіболові сланці PR_{1sx}^{4s} ; 10 – магнетитові кварцити PR_{1sx}^{4f} ; 11 – силікат-магнетитові кварцити PR_{1sx}^{5s} ; 12 – гематит-магнетитові і магнетитові кварцити PR_{1sx}^{5f}

Fig. 1. Geological and structural plan of the Ingulets deposit [7]:

2 – talc shale PR_{1sk}^{1-2} ; 3 – chlorite-biotite shale PR_{1sx}^{1s} ; 4 – silicate magnetite quartzite PR_{1sx}^{1f} ; 5 – garnet-biotite shales PR_{1sx}^{2s} ; 6 – magnetite-silicate quartzites, amphibole-magnetite quartzites, magnetite quartzites, silicate-magnetite quartzites PR_{1sx}^{2f} ; 7 – biotite-amphibole shales PR_{1sx}^{3s} ; 8 – silicate-magnetite and magnetite-silicate quartzites PR_{1sx}^{3f} ; 9 – garnet-biotite-amphibole shales PR_{1sx}^{4s} ; 10 – magnetite quartzites PR_{1sx}^{4f} ; 11 – silicate-magnetite quartzites PR_{1sx}^{5s} ; 12 – hematite-magnetite and magnetite quartzites PR_{1sx}^{5f}

частині родовища коливається в межах 50–70 м, поступово зменшуючись на північ до 10–20 м [7]. Масова частка $Fe_{\text{зал}}$ у породах горизонту змінюється в межах 16–25 %; $Fe_{\text{магн}}$ – 0,5–5 % [8].

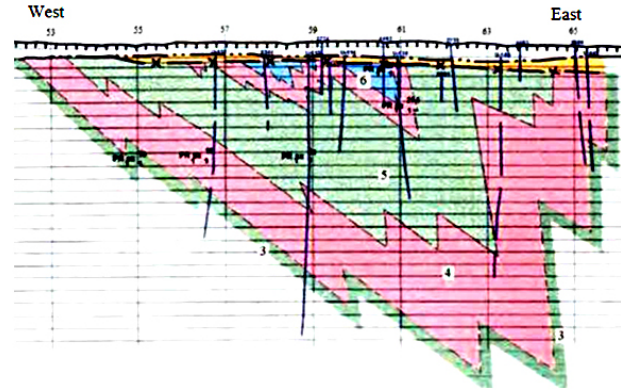


Рис. 2. Геолого-структурний розріз в м. о. 30 [7]:

3 – хлорит-біотитові сланці PR_{1sx}^{1s} ; 4 – силікат-магнетитові кварцити PR_{1sx}^{1f} ; 5 – гранат-біотитові сланці PR_{1sx}^{2s} ; 6 – магнетит-силікатні кварцити, амфібол-магнетитові кварцити, магнетитові кварцити, силікат-магнетитові кварцити PR_{1sx}^{2f}

Fig. 2. Geological and structural section along the surveyor's axis 30 [7]:

3 – chlorite-biotite shales PR_{1sx}^{1s} ; 4 – silicate-magnetite quartzites PR_{1sx}^{1f} ; 5 – garnet-biotite shales PR_{1sx}^{2s} ; 6 – magnetite-silicate quartzites, amphibole-magnetite quartzites, magnetite quartzites, silicate-magnetite quartzites PR_{1sx}^{2f}

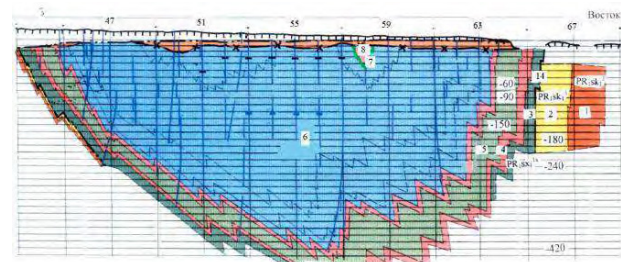


Рис. 3. Геолого-структурний розріз Ігулецького родовища в м. о. 40 [7]:

1 – мета-конгломерати скелюватської світи PR_{1sk}^{1} ; 2 – талькові сланці PR_{1sk}^{2} ; 3 – хлорит-біотитові сланці PR_{1sx}^{1s} ; 4 – силікат-магнетитові кварцити PR_{1sx}^{1f} ; 5 – гранат-біотитові сланці PR_{1sx}^{2s} ; 6 – магнетит-силікатні кварцити, амфібол-магнетитові кварцити, магнетитові кварцити, силікат-магнетитові кварцити PR_{1sx}^{2f} ; 7 – біотит-амфіболові сланці PR_{1sx}^{3s} ; 8 – силікат-магнетитові і магнетит-силікатні кварцити PR_{1sx}^{3f}

Fig. 3. Geological and structural section along the surveyor's axis 40 [7]:

1 – metaconglomerates of the Skelyuvata Suite PR_{1sk}^{1} ; 2 – talc shales PR_{1sk}^{2} ; 3 – chlorite-biotite shales PR_{1sx}^{1s} ; 4 – silicate magnetite quartzites PR_{1sx}^{1f} ; 5 – garnet-biotite shales PR_{1sx}^{2s} ; 6 – magnetite-silicate quartzites, amphibole-magnetite quartzites, magnetite quartzites, silicate-magnetite quartzites PR_{1sx}^{2f} ; 7 – biotite-amphibole shales PR_{1sx}^{3s} ; 8 – silicate-magnetite quartzites and magnetite-silicate quartzites PR_{1sx}^{3f}

Другий залізистий горизонт (PR_{1sx}^{2f}) особливо широко представлений у південній частині родовища, де ширина його виходу на докембрійську поверхню становить 700–1000 м (м. в. 36–39), поступово

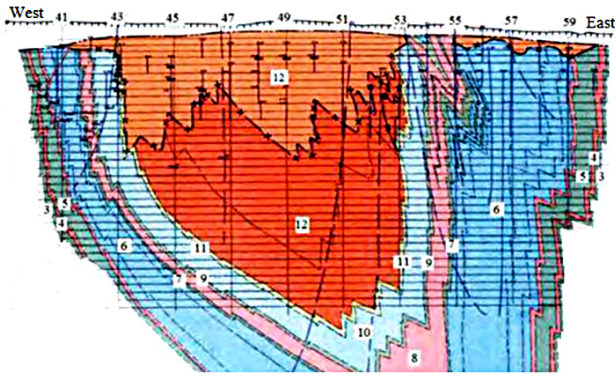


Рис. 4. Геолого-структурний розріз Інгулецького родовища в м. о. 60 [7]:

3 – хлорит-біотитові сланці $PR_{1sx_1^{1s}}$; 4 – силікат магнетитові кварцити $PR_{1sx_1^{1f}}$; 5 – гранат-біотитові сланці $PR_{1sx_2^{2s}}$; 6 – магнетит-силікатні кварцити, амфібол-магнетитові кварцити, магнетитові кварцити, силікат-магнетитові кварцити $PR_{1sx_2^{2f}}$; 7 – біотит-амфіболові сланці $PR_{1sx_3^{3s}}$; 8 – силікат-магнетитові і магнетит-силікатні кварцити $PR_{1sx_3^{3f}}$; 9 – гранат-біотит-амфіболові сланці $PR_{1sx_4^{4s}}$; 10 – магнетитові кварцити $PR_{1sx_4^{4f}}$; 11 – силікат-магнетитові кварцити $PR_{1sx_5^{5s}}$; 12 – гематит-магнетитові і магнетитові кварцити $PR_{1sx_5^{5f}}$

Fig. 4. Geological and structural section along the surveyor's axis 60 [7]:

3 – chlorite-biotite shales $PR_{1sx_1^{1s}}$; 4 – silicate-magnetite quartzites $PR_{1sx_1^{1f}}$; 5 – garnet-biotite shales $PR_{1sx_2^{2s}}$; 6 – magnetite-silicate quartzites, amphibole-magnetite quartzites, magnetite quartzites, silicate-magnetite quartzites $PR_{1sx_2^{2f}}$; 7 – biotite-amphibole shales $PR_{1sx_3^{3s}}$; 8 – silicate-magnetite and magnetite-silicate quartzites $PR_{1sx_3^{3f}}$; 9 – garnet-biotite-amphibole shales $PR_{1sx_4^{4s}}$; 10 – magnetite quartzites $PR_{1sx_4^{4f}}$; 11 – silicate-magnetite quartzites $PR_{1sx_5^{5s}}$; 12 – hematite-magnetite and magnetite quartzites $PR_{1sx_5^{5f}}$

зменшуючись до 20–250 м у східному крилі синкліналі і до 75–80 м – у західному (рис. 2–4) [7]. Представлений горизонт різновидами силікат-магнетитових і магнетит-силікатних кварцитів. Середня масова частка $Fe_{\text{заг}}$ у породах горизонту змінюється від 28 до 37 %, $Fe_{\text{магн}}$ – від 8 до 34 % [8].

Третій сланцевий горизонт ($PR_{1sx_3^s}$) у межах родовища представлений гранат-біотит-кумінгтонітовими сланцями з прошарками безрудних кварцитів сіро-зеленого кольору грубо-смуғастой текстури. Горизонт часто виклинюється, і тоді породи третього залізного горизонту залягають безпосередньо на породах другого залізного горизонту. Потужність третього сланцевого горизонту – від 5 до 10 м. У замковій частині його потужність збільшується до 50 м. Масова частка $Fe_{\text{заг}}$ до 20–25 %, $Fe_{\text{магн}}$ – 2–5 % [7, 8].

Третій залізистий горизонт ($PR_{1sx_2^{3f}}$) складений біотит-магнетит-кумінгтонітовими, кумінгтоніт-магнетитовими кварцитами зеленкувато-сірого кольору різновірствуватої текстури. У східній частині родовища в його розрізі виявлено верстви гранат-кварц-біотитових і кварц-біотитових сланців потужністю до

10 м. Масова частка $Fe_{\text{заг}}$ у складі залізистих кварцитів горизонту – 24–31 %, $Fe_{\text{магн}}$ – 15–22 % [8].

Четвертий сланцевий горизонт ($PR_{1sx_4^s}$) представлений гранат-біотитовими, кварц-біотитовими і гранат-кумінгтонітовими сланцями з прошарками безрудних кварцитів. Потужність горизонту в замковій частині синкліналі досягає 20–30 м, а в крилах – до 10 м. Масова частка $Fe_{\text{заг}}$ у складі порід горизонту – 10–25 %, $Fe_{\text{магн}}$ – 1–5 %.

Четвертий залізистий горизонт ($PR_{1sx_3^{4f}}$) представлений сіро-смуғастими магнетитовими кварцитами, які у висячому боці переходять у кумінгтоніт-магнетитові відміни. У його розрізі є верства ставроліт-гранат-кварц-біотитових сланців потужністю 0,7–1,5 м, у верхній частині – верстви червоно-смуғастих магнетитових і залізолудко-магнетитових кварцитів. Середня масова частка $Fe_{\text{заг}}$ у складі порід горизонту – 37,6 %, $Fe_{\text{магн}}$ – 30,3 %. Потужність горизонту змінюється від 20–30 м у західному крилі Лихманівської синкліналі до 30–60 – у східному і до 100 м – у її замковій частині.

П'ятий сланцевий горизонт ($PR_{1sx_5^s}$) має нехарактерний для сланцевих горизонтів петрографічний склад. У його розрізі переважають малорудні магнетит-силікатні кварцити з підпорядкованим поширенням силікат-магнетитових різновидів. Силікати представлені кумінгтонітом, біотитом, хлоритом. Колір порід темно-сірий, часто із зеленкуватим відтінком; текстура грубо-широко-шарувата. Середня масова частка $Fe_{\text{заг}}$ у складі порід горизонту – 30,5 %, $Fe_{\text{магн}}$ – близько 20 %. Потужність горизонту – 10–15 м.

П'ятий залізистий горизонт ($PR_{1sx_5^f}$) розташований у центральній частині синкліналі, повністю заповнює її ядро. Потужність горизонту змінюється від 450–500 м у південній частині (у ядрі синклінальної складки) до 70–100 м – у північній частині родовища.

Породи горизонту зазнали інтенсивних процесів дезінтеграції, унаслідок чого по них розвинена потужна зона окислення – від 100–150 м на півдні до 1000 м на півночі.

Породи п'ятого залізного горизонту представлені окисленими і неокисленими кварцитами, багатими залізними рудами.

Неокислені кварцити складають нижню частину розрізу. Вони представлені перешаруванням пачок магнетитових і гематит-магнетитових кварцитів. Магнетитові кварцити складають основну частину порід горизонту: нижню, середню і верхню підпачки, які поділяються гематит-магнетитовими кварцитами.

На північ від м. о. 58 співвідношення різновидів поступово змінюється. Магнетитові кварцити залишаються лише в лежачому боці рудного тіла. Решта магнетитових кварцитів замінюються гематит-магнетитовими, а далі – магнетит-гематитовими. Починаючи з м. о. 66 і далі на північ, у висячому боці фіксується пачка джеспілітовидних кварцитів гематитового складу (рис. 1, 4).

Просторово з товщею охарактеризованих порід пов'язані поклади багатих залізних руд. Розташовані вони вище джеспілітовидних гематитових кварцитів.

Руди гематитового, гематит-мартитового, мартитового, гематит-магнетитового і карбонат-магнетитового складу.

Окислені кварцити представлені залізнослюдоковими і залізнослюдоко-мартитовими кварцитами. З глибиною всі окислені кварцити поступово переходять в неокислені.

Важливою особливістю родовища є істотне збільшення в північному напрямку потужності кори вивітрювання залізистих порід саксаганської світи. Унаслідок цього з кожним роком у складі розкривних порід збільшується кількість гематитових (мартит-залізнослюдокових, залізнослюдоко-мартитових, мартитових, дисперсно-гематит-мартитових, мартит-дисперсногематитових та ін.) кварцитів, що є результатом гіпергенних змін первинних магнетитових різновидів [7, 8]. Масова частка заліза в гематитових кварцитах у середньому становить близько 35 %, що відповідає аналогічному показнику магнетитових кварцитів. Максимальна потужність кори вивітрювання залізородної товщі (понад 300 м) у ядрі Лихманівської синклінали, формованому породами п'ятого і шостого залізистих горизонтів. На породах інших горизонтів вона не перевищує 70 м.

Характеристика відвалів

Згідно з [9] розкривні породи Інгулецького родовища розміщуються в зовнішніх багатоярусних відвалах № 1 і № 2, а також використовуються для будівництва дамби хвостосховища. Відвал № 3 відсипаний до проектних відміток, і гірничі роботи зі складування гірських розкривних порід не проводяться (рис. 5). Загалом станом на 2018 р. у трьох відвалах накопичено 481 000 тис. т м³ розкривних і вмшуючих порід. Вони займають площу 762 га.

Відвал № 1 розкривних гірських порід розташований із західної сторони кар'єру і розміщується на ділянці балки Скелювата. Фактично у відвалі розміщено 79 071,0 тис. м³ розкривних гірських порід. Станом на 01.01.2018 висота відвалу становить 84 м, площа – 183,6 га.

Відвал № 2 розташований із південно-західної сторони кар'єру на відстані 0,5 км від дробильної фабрики (рис. 5). Фактично у відвалі розміщено 341 619,8 тис. м³ розкривних гірських порід. Станом на 01.01.2018 р. висота відвалу становить 137 м, площа – 430,7 га.

Відвал № 3 розташований на північно-східному борті кар'єру (рис. 5). Відвал чотирьох'ярусний і відсипаний змішаними розкривними гірськими породами. Висота відвалу становить 50–75 м. Площа відвалу – 147,53 га. Станом на 01.01.2008 р. відвал відсипаний до проектних відміток і гірничі роботи зі складування гірських розкривних порід не проводяться.



Рис. 5. Схема розташування кар'єра, відвалів і хвостосховища Інгулецького ГЗК

Fig. 5. Location scheme of the quarry, dumps and tailings pond of the Inguletsky Mining and Processing plant

*Note. OB dump – overburden dump

За даними [1], у середині 80-х років минулого сторіччя на Інгулецькому ГЗК розкривні породи спрямовувались у сім відвалів, включно з дамбою хвостосховища (табл. 1).

Таким чином, станом на 1984 р. у відвалах Інгулецького ГЗК було заскладовано 88 999 тис. м³ розкривних і вмшуючих порід на площі 240 га. У відвали № 1, № 1а, № 3 спрямовувались як пухкі кайнозойські породи (лесовидні суглинки, глини, піски), так і кристалічні протерозойські (некондиційні й окислені кварцити). Гематитові кварцити розміщені здебільшого в північній частині відвалу. Відвал № 3 також складався із змішаних пухких і скальних порід. Окремо в центральній частині відвалу заскладовані гематитові джеспіліти. У відвалі № 2 некондиційні кварцити і сланці заскладовані в південній частині. У відвалі № 3а спрямовувались тільки окислені кварцити п'ятого залізистого горизонту.

Аналізуючи геологічну будову родовища й інформацію щодо складу відвалів [2, 7, 8, 10], можна стверджувати, що на початку роботи комбінату, під час розробки південної частини родовища у відвали, зазначені в табл. 1, спрямовувались метаконгломерати і талькові сланці скелюватської світи PR_1sk^{1-2} ; мусковіт-кварц-біотитові і гранат-біотит-кварц-кумінгтонітові сланці першого сланцевого горизонту (PR_1sx^{1s}); малорудні біотит-магнетит-кумінгтонітові кварцити першого залізистого горизонту ($PR_1sx_1^{1f}$); гранат-кумінгтонітові, гранат-біотитові і гранат-хлорит-біотитові сланці та безрудні кварцити з масовою часткою $Fe_{заг}$ 16–25 %; $Fe_{магн}$ – 0,5–5 % другого сланцевого горизонту (PR_1sx^{2s}); малорудні магнетит-силікатні кварцити другого залізистого горизонту ($PR_1sx_1^{2f}$); гранат-біотит-кумінгтонітові сланці та безрудні кварцити третього сланцевого

Таблиця 1. Характеристика відвалів Інгулецького ГЗК [2]

Table 1. Characteristic of overburden dump of Inguletsky Mining and Processing plant

№	Overburden dump	Rock types	Volume of rocks, thsd. m ³	Height, m	Area, ha
1.	Mixed rock dump No 1	Sarmatian limestones, loess loams, clays, sands Oxidized quartzite, substandard quartzite	34 614	26,0	129,3
2.	Mixed rock dump No 1a	Sarmatian limestones, loess loams, clays, sands Oxidized quartzite, substandard quartzite	4060		15,9
3.	Dump No 2	Oxidized and unoxidized jaspillites (Fe _{total} – 32,9 %, Fe _{magn.} – 5,4 %) Substandard quartzites and shales	27 360	13	0,085
4.	Special dump of unoxidized low-ore quartzites	Unoxidized low-ore magnetite-silicate quartzites 3f (Fe _{total} – 27,34 %, Fe _{magn.} – 14,79 %)	3640	19	17,5
5.	Mixed rock dump No 3	Limestones, loams, clays, sands hematitic jaspillites 5f (Fe _{total} – 38,12 %, Fe _{magn.} – 3,4 %) (1 tier of dump), oxidized quartzite of 4f mixed with loose rocks (2 tier of dump) Oxidized quartzites	19 081	26,2	76,72
6.	Dump No 3a	Oxidized quartzites of 5f (Fe _{total} – 33,2 %, Fe _{magn.} – 13,1 %)	244	7,3	0,0034
7.	Total in rock dumps		88 999		239,5084
8.	Tailings dam (damp No 4)	Oxidized jaspillites, oxidized quartzites, nonstandard quartzites, shales	17 610	70	

горизонту (PR₁sx^{3s}); біотит-магнетит-кумінгтонітові кварцити і гранат-кварц-біотитові та кварц-біотитові сланці третього залізного горизонту (PR₁sx₂^{3f}).

Під час розробки центральної частини родовища у відвали № 1, № 2, № 3 спрямовуються здебільшого малорудні магнетит-силікатні кварцити другого залізного горизонту (PR₁sx₂^{2f}), у менших обсягах – усі різновиди порід, перелічених вище. До того ж відвал № 2 забруднений відходами будівництва та знесення будівель і споруд, які сюди спрямували після знесення житлового поселення, до якого підійшов контур кар'єру. А у відвал № 3 останніми роками спрямовують відходи сухої магнітної сепарації [10].

У роботах [11, 12, 13] узагальнено інформацію щодо альтернативної мінерально-сировинної бази Криворізького залізрудного басейну і ресурсоцінних розкривних і вміщуючих порід Кривбасу, де зазначено, що в контурах Інгулецького кар'єру в межах скелюватської і саксаганської світ криворізької серії до таких порід належать тальковмісні сланці, які найбільше розкриті в контурі саме цього кар'єру, і проведені лабораторні й напівпромислові випробування з отримання талькового концентрату; гранатовмісні, мусковітовмісні, хлоритовмісні сланці, з яких можна отримати відповідні концентрати; мінеральні пігменти (вохру, сурик, селадоніт – пігмент зеленого кольору, мартит – пігмент темно-вишневого кольору, гетит – пігмент коричневого кольору, рибекіт – пігмент синього кольору), колекційне й виробне каміння (кварц, халцедон, опал, щітки гірського кришталю, димчастого кварцу, моріону, амелісту, цитрину), радіально-променеві агрегати голчастих яскраво-зелених кристалів егірину – «егіринове сонце». У монографії [2] зазначається, що із сланців

першого, другого, третього і четвертого сланцевих горизонтів Інгулецького родовища можна отримати щебінь марки 800–1200 за міцністю, 1 – за зношуваністю, 75 – за опором удару на копрі.

Оскільки на ГЗК, що розташовані в Кривому Розі [11], найбільша кількість відходів утворюється на Північному й Інгулецькому ГЗК, їх утворення можна скоротити через отримання додаткової промислової продукції з мінеральних різновидів порід, що спрямовуються у відвали.

Висновки. На сьогодні Інгулецький ГЗК складає розкривні і вміщуючі породи у два відвали – № 1 і № 2 та дамбу хвостосховища. Відвал № 3 законсервований з 2008 р. і готується до рекультиваци. Однак на початку 80-х років минулого століття розкривні породи складувались у сім відвалів, чотири з яких не враховуються на сьогодні підприємством і Держстатом.

У відвали № 1, № 1a, № 3 спрямовувались як пухкі породи осадового чохла, так і кристалічні породи фундаменту. Відвал № 2 і спецвідвал складається з кристалічних порід (некондиційні й окислені кварцити, сланці). У відвалі № 3a накопичувались лише окислені кварцити.

Одним із шляхів зменшення утворення відходів розроблення кар'єрів і раціонального використання мінеральних ресурсів є отримання промислової продукції з нетрадиційної для цього підприємства мінеральної сировини.

До ресурсоцінних порід Інгулецького родовища можна віднести тальковмісні, гранатовмісні, мусковітовмісні, хлоритовмісні сланці, з яких можна отримати концентрати визначеної нерудної сировини, мінеральні пігменти (вохру, сурик, селадоніт, мартит, гетит, рибекіт),

колекційне й виробне каміння (кварц, халцедон, опал, щітки гірського кришталю, димчастого кварцу, моріону, аметисту, цитрину), радіально-променеві агрегати голчатих яскраво-зелених кристалів егірину – «егіринове сонце». Із сланців першого, другого, третього і четвертого сланцевих горизонтів Інгулецького родовища можна отримати щебінь марки 800–1200 за міцністю, 1 – за зношуваністю, 75 – за опором удару на копрі.

Література

1. Довкілля України : статистичний збірник. Київ : Держстат України. 2022. 189 с.
2. А. Д. Куделя. *Комплексне використання мінеральних ресурсів залізрудних гірничо-збагачувальних комбінатів УРСР* : монографія. Київ : Наукова думка, 1984. 495 с.
3. Казаков В. Л. Геоморфологія відвалів Кривбасу. *Геолого-мінералогічний вісник*. 1999. № 2. С. 46–51.
4. Казаков В. Л., Калініченко О. О. Історичні ландшафти території залізрудних рудників Тарапаківського пласта міста Кривого Рогу. *Наукові записки державного педагогічного університету ім. М. Коцюбинського. Серія: Географія*. 2007. Вип. 14. С. 27–35.
5. Яркв С. В. Ландшафтно-технічні системи Кривого Рогу: екологічні умови сингенезу. *Фізична географія та геоморфологія*. Київ : ВГЛ «Обрій», 2008. Вип. 54. С. 246–254.
6. Денесик Г. І., Задорожня Г. І. *Похідні процеси та явища в ландшафтах зон техногенезу* : монографія. Вінниця, Кривий Ріг, 2013. 220 с.
7. Будівництво об'єктів обслуговування для відпрацювання Інгулецького родовища з розширенням кар'єра ПРАТ «ІНГЗК» в межах ліцензійної площі за адресою: Дніпропетровська область, м. Кривий Ріг, вул. Рудна, 47, проммайданчик ПРАТ «ІНГЗК». Т. 1. Пояснювальна записка. Кривий Ріг. 2021. 228 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/d7ce8060-67e1-11ec-b4d6-29e8500c3f47.pdf>.
8. Рудько Г. І., Плотніков О. В., Радованов С. В. *Геологія окислених кварцитів залізрудних родовищ Криворізького басейну* : монографія. Київ. 2013. 390 с.
9. Звіт з оцінки впливу на довкілля «Відпрацювання Інгулецького родовища кар'єром ПРАТ «ІНГЗК» в межах ліцензійної площі. Розширення кар'єра з будівництвом об'єктів для його обслуговування за адресою: Дніпропетровська область, м. Кривий Ріг, вул. Рудна, 47, проммайданчик ПРАТ «ІНГЗК». Київ. 2018. 1663 с.
10. *РЕЕСТР місць видалення відходів у Дніпропетровській області*: веб-сайт. URL: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/EKOLOGIA/MVV-REESTR-20-08-2021.pdf>.
11. Gubina V., Zaborovsky V., Mitsiuk N., Srat A.F. (2021). Differences in the generation of industrial waste from economic activities in Ukraine and the EU and the prospects for the integrated use of mineral raw materials. *E3S Web of Conferences*. Vol. 280, 09008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128009008>.

References

1. Dovkillia Ukrainy: *statystychnyi zbirnyk* (2022). Kyiv: Derzhstat Ukrainy. 189.
2. A. D. Kudelia (1984) *Kompleksne vykorystannia mineralnykh resursiv zalizorudnykh hirnycho-zbahachuvalnykh kombinativ URSR: monohrafiia*. Kyiv: Naukova dumka. 495.
3. Kazakov V.L. (1999) *Heomorfolohiia vidvaliv Kryvbasu, Heoloho-mineralohichnyi visnyk*. № 2, 46–51.
4. Kazakov V.L., Kalinichenko O.O. (2007) *Istorychni landshafty terytorii zalizorudnykh rudnykiv Tarapakivskoho plasta mista Kryvoho Roha. Naukovi zapysky derzhavnoho pedahohichnoho universytetu im. M.Kotsiubynskoho*. Seria: Heohrafiia. Vyp. 14, 27–35.
5. Yarkov S.V. (2008) *Landshaftno-tekhnichni systemy Kryvoho Rohu: ekotopichni umovy synhenezu. Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia*. K.: VHL "Obrii". Vyp. 54, 246–254.
6. Denesik H.I., Zadorozhnia H.I. (2013) *Pokhidni protsesy ta yavyschha v landshaftakh zon tekhnohenezu*. Vinnytsia-Kryvyi Rih. 220.
7. Budivnytstvo ob'ektiv obsluhovuvannia dlia vidpratsiuvannia Inhuletskoho rodovyschha z rozshyrenniem kar'ieru PRAT "INHZK" v mezhakh litsenziinoi ploshchi za adresom: Dnipropetrovska oblast, m. Kryvyi Rih, vul. Rudna, 47, prommaidanchyk PRAT "INHZK". (2021) T. 1. Poiasniuvalna zapyska. Kryvyi Rih. 228.
8. Rudko H.I., Plotnikov O.V., Radovanov S.V. (2013) *Heolohiia oksylenykh kvartsytiv zalizorudnykh rodovyschh Kryvorizkoho baseinu: monohrafiia*. Kyiv. 390.
9. *Zvit z otsinky vplyvu na dovkillia «Vidpratsiuvannia Inhuletskoho rodovyschha kar'ierom PRAT «INHZK» v mezhakh litsenziinoi ploshchi. Rozshyrennia kar'ieru z budivnytstvom ob'ektiv dlia yoho obsluhovuvannia za adresoiu: Dnipropetrovska oblast, m. Kryvyi Rih, vul. Rudna, 47, prommaidanchyk PRAT «INHZK»*. (2018) Kyiv. 1663.
10. *REESTR mistv vydalennia vidkhodiv u Dnipropetrovskii oblasti*: veb-sait. URL: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/EKOLOGIA/MVV-REESTR-20-08-2021.pdf>.
11. Gubina V., Zaborovsky V., Mitsiuk N., Srat A.F. (2021). Differences in the generation of industrial waste from economic activities in Ukraine and the EU and the prospects for the integrated use of mineral raw materials. *E3S Web of Conferences*. Vol. 280, 09008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128009008>.

CURRENT STATE OF THE OVERBURDEN DUMPS OF THE INGULETS MINING AND PROCESSING PLANT

Hubina V.H.

Hubina V.H., PhD (Geology and Mineralogy), Leading Research Associate, State Institution “The Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine”, ORCID: 0000-0001-7486-5451, vgv131619@gmail.com

The article analyzes the current state of the dumps of the Ingulets Mining and Processing Plant. The article summarizes the history of the formation of dumps, both modern and mothballed, their number, location, volumes of rocks accumulated in them, and the areas they occupy. At the beginning of the 80s of the last century, 88999 thousand m³ of overburden and host rocks were stored in the dumps of Inguletsky GOK on an area of 240 hectares. Today, Inguletsky GOK stores overburden and waste rock in 2 dumps - No. 1 and No. 2 and the tailings dam. Dump No. 3 has been mothballed since 2008 and is being prepared for reclamation. The types of mineral raw materials accumulated in the dumps and the distribution of these types to different dumps were determined. The rocks of the Kryvyi Rih series of the Proterozoic as part of the Skeliuvata and Saksahanska worlds were exposed in the contour of the operating quarry. The Saksahanska Suite is represented by ferruginous quartzites and shales (five ferruginous and five shale horizons). The rocks of the Skeliuvata Formation include metasandstones, quartz-sericite shales, and talc shales. A special feature of the Ingulets quarry is the large thickness of talc shale outcrop in the eastern side of the quarry (up to 160 meters). In addition to ferruginous quartzite, the resource rocks of the Ingulets deposit include talc, garnet, muscovite, and chlorite schists, which can be used to produce concentrates of certain non-metallic raw materials, mineral pigments (ocher, surik, seladonite, martite, goethite, ribekite), collectible and manufactured stones (quartz, chalcedony, opal, brushes of rock crystal, smoky quartz, morion, amethyst, citrine, radial-beam aggregates of needle-shaped bright green crystals of aegirine «aegirine sun»).

Key words: Kryvyi Rih iron ore basin, dumps, overburden dumps, mineral raw materials, resource mineral waste.