

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЙМОВІРНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЧИННИКА ВИДОБУВАННЯ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПОКЛАДІВ НА ЗМІНИ ЕКОЛОГО- ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Улицький О. А., Д'яченко Н. О., Касьяненко Д. Л.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, м. Київ, 03035

olegulytsky@gmail.com

natalidyachenko1969@gmail.com

law@kasyanenko.com.ua

Стаття присвячена актуальним питанням сучасного видобутку залізних руд в Україні. Відбудова України та повоєнне відновлення потребуватиме від держави важливих економічних кроків, що будуть пов'язані із зростанням видобутку корисних копалин, особливо руд чорних металів. Авторами статті наведено результати досліджень та розрахунків максимальних параметрів Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів, Запорізької області залежно від гірничо-геологічних, структурно-тектонічних та гідрогеологічних умов ділянки.

До негативних наслідків видобутку корисних копалин, призводять процеси зрушення бортів глибоких кар'єрів. Аналіз їх стану підтвердив, що зсувні явища набувають масового характеру починаючи з фактичної глибини кар'єру 300-500 м. Водночас, гірничорудна галузь при виробництві продукції створює велику кількість відходів, маса яких перевищує обсяги видобутої руди.

Сучасне функціонування залізорудної промисловості країни має специфічні особливості: вичерпаність багатих легкодоступних родовищ корисних копалин; велика глибина ведення робіт на кар'єрах; зношеність основних виробничих фондів; значні коливання світової ринкової кон'юнктури; екологічні збитки від діяльності видобувних підприємств; відсутність нових шахт та кар'єрів; військова агресія проти України яка

внесла корективи у промислово розробку залізних руд.

Для оцінки площі впливу майбутнього кар'єру авторами статті було створено 3D-модель об'єкту; висвітлені питання мінімізації впливу розробки залізистих кварцитів (збереження ресурсів підземних вод), а також був рекомендований комбінований спосіб розробки корисних копалин (відкритий до 500 м та підземний – з глибини 500 м за допомогою вертикальних стовбурів).

Ключові слова: кар'єр, гірничодобувна промисловість, Гуляйпільське родовище залізистих кварцитів, екологізація, гідрогеологічне середовище, моделювання, способи розроблення.

Determining the impact of iron ore deposit extraction on changes in the hydrogeological environment. *Ulytskyi O., Dyachenko N., Kasianenko D.*

This article addresses pressing issues in the modern extraction of iron ores in Ukraine. It has been established that Ukraine's post-war reconstruction will require significant economic steps from the state, including an increase in the extraction of mineral resources, particularly ferrous metal ores. The authors present the results of studies and calculations of the maximum parameters of the Huliaipole deposit of ferruginous quartzites, depending on the existing

geological, structural, tectonic, and hydrogeological conditions of the site.

One of the negative consequences of extraction is the process of slope displacement in deep open-pit mines. An analysis of their condition confirmed that landslide phenomena become widespread at depths of 300–500 m. At the same time, the mining industry generates a large amount of waste during production, with its mass exceeding the volume of extracted ore.

The current state of Ukraine's iron ore industry has several specific characteristics: Partial depletion of rich, easily accessible mineral deposits; Significant depths of open-pit mining operations; Wear and tear of primary production assets; Considerable fluctuations in the global market situation; Environmental damage caused by mining enterprises; Absence of new mines and open-pit quarries; Military aggression against Ukraine, which has introduced adjustments to the industrial extraction of iron ores.

To assess the area of impact of a future open-pit mine, the authors developed a 3D model of the site. The study also highlights issues related to minimizing the impact of ferruginous quartzite extraction (preserving underground water resources) and recommends a combined method of mineral extraction: open-pit mining up to a depth of 500 m, followed by underground mining beyond 500 m using vertical shafts.

Keywords: open-pit mine, mining industry, Huliaipole deposit, environmentalization, hydrogeological environment, modeling, extraction methods.

Опис проблеми

Наявний стан розробки рудних покладів включає багато питань як з погляду перспективи розвитку родовищ, ефективності використання надр та екологічного впливу на довкілля при видобуванні корисних копалин.

Здебільшого, видобування залізних руд здійснюється кількома методами: підземним, відкритим та комбінованим (відкрито-підземним). Кожен з методів має переваги та недоліки. Наприклад, у Криворізькому залізорудному басейні (КЗБ) за період промислової розробки руд, вплив геотехнологічних чинників призвели до погіршення гірничо-геологічних умов розроблення. Видобувні підприємства, для яких характерний

підземний спосіб видобування із застосуванням камерних систем, спрямували свої зусилля переважно на відпрацювання глибоко залягаючих рудних тіл з високим вмістом корисного компонента В той же час, на верхніх горизонтах підземних рудників КЗБ залишені значні обсяги магнетитових кварцитів, що мають промисловий інтерес та розглядаються як резерв сировинної бази України. При цьому, окремі шахти за рахунок нерентабельності виведені з експлуатації (наприклад, шахта «Першотравнева»), тобто, частина запасів корисних копалин безповоротно втрачена.

При відкритому способі розробки виникає велика кількість порожнеч, які розташовані під дном і бортами діючих кар'єрів та під міськими забудовами. Лише у КЗБ їх понад 10 млн м³. До негативних наслідків призводять процеси зрушення бортів глибоких кар'єрів. Аналіз їх стану засвідчив, що зсувні явища набувають масового характеру від фактичної глибини кар'єру в 300–500 метрів. Водночас, гірничорудна галузь при виробництві продукції виробляє значну кількість відходів, маса яких перевищує обсяги видобутої руди. Розкриті породи кар'єрів (гематитові руди) складаються у 18 відвалах, які займають 1/3 земельного відводу. Території для їх складування у КЗБ мають площу понад 36 тис. га, зокрема 19,3 тис. га під відвали, і 16,9 тис. га під шламосховища. Останні гідротехнічні споруди являють собою велику небезпеку з погляду просочування, з часом, через екран води і шламів, що може призвести до проривів дамби з викидом шламових лавин та високомінералізованих вод. Нині у шламосховищах заскладовано понад 1,2 млрд м³ шламів та акумульовано 0,5 млрд м³ води.

За даними фахівців, забезпечення високого рівня виробництва, промислової безпеки та підвищення ефективності роботи можливо внаслідок впровадження комбінованої відкрито-підземної технології розробки рудних родовищ. Прикладом такого застосування є ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат», де були закриті сучасні стволи Першотравневого рудоуправління та відкриті роботи на Першотравневному кар'єрі.

Сучасне функціонування залізорудної промисловості України має наступні специфічні оз-

наки: певна вичерпаність багатих легкодоступних родовищ корисних копалин; велика глибина ведення робіт на кар'єрах; зношеність основних виробничих фондів; значні коливання світової ринкової кон'юнктури; екологічні збитки від діяльності видобувних підприємств; відсутність відкриття нових шахт та кар'єрів; військова агресія проти України, яка внесла корективи у промислову розробку залізних руд.

В той же час, відбудова України потребувати-ме від держави важливих економічних кроків, що будуть пов'язані зі зростанням видобутку корисних копалин, особливо руд чорних металів. Саме тому, виникла необхідність проведення всебічного аналізу та порівняння факторів екологічного впливу видобування залізорудних покладів в умовах різних способів їх розробки із залученням сучасних технологій математичного моделювання геологічних, геоморфологічних, гідро-геологічних та ландшафтоутворюючих факторів. Оцінка та прогнозування наслідків видобутку корисних копалин проводилась на прикладі Гуляйпільського родовища залістистих кварцитів, яке увійшло до «Переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), що мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави» [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За дослідженнями науковців з Фінляндії характер і масштаби впливу гірничодобувної діяльності на довкілля залежать від геологічних особливостей рудного родовища, а також від розміру та форми родовища, концентрації корисного компонента, від методів видобутку та збагачення, обраних технічних рішень і методів очищення для мінімізації викидів в навколишнє середовище [2]. Місце розташування родовища має важливе значення впливу на довкілля та людину, оскільки різні види землекористування, топографічні, метеорологічні та гідрологічні тісно пов'язані між собою. Тому, використання будь-якої технології видобування залежить насамперед, від природних чинників.

На думку вітчизняних фахівців розробку корисних копалин відкритим способом застосовують у разі їх залягання на порівняно невеликій

глибині, що не перевищує 300–400 метрів [3]. Підземний (шахтний) спосіб розроблення застосовують у разі великих глибин залягання родовищ (понад 500 м). Комбінований спосіб розроблення родовищ залізних руд застосовують для добування потужних крутопадаючих рудних тіл.

Наразі відкритим способом видобувають основну масу корисних копалин, зокрема близько 80% залізорудної сировини, приблизно 60% марганцевих руд та майже 70% руд кольорових металів, що пояснюється більшою економічною ефективністю відкритих розробок порівняно з підземними. Зазвичай більшість кар'єрів досягають великої потужності, що значно перевищує потужність підземних рудників. Але, для виймання руди необхідно здійснювати великий обсяг розкривних робіт (видалення порожніх порід, що налягають і вміщують порожні породи, обсяг яких досягає на великих кар'єрах десятки мільйонів кубометрів на рік). Разом з тим, під час проведення відкритих гірничих робіт, значні площі земної поверхні вилучають із господарського обігу. Тобто, незважаючи на великі масштаби впливу кар'єрного видобування на довкілля, пріоритетним чинником, переважно, є економічна складова видобутку.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Для оцінки майбутніх масштабів впливу кар'єрного або підземного видобутку корисних копалин на довкілля в контексті ефективності видобутку, авторами досліджено територію Гуляйпільського родовища залістистих кварцитів, яке розташоване на відстані 3 км на південний захід від м. Гуляй Поле, Запорізькій області (рис. 1).

Мета статті. У статті визначено низку питань розробки Гуляйпільського родовища залістистих кварцитів залежно від структурно-геологічних, тектонічних, гідрогеологічних умов родовища; оцінки впливу на довкілля; зроблені розрахунки максимальних параметрів; створено 3D-модель кар'єру; створення умов мінімізації впливу розробки залістистих кварцитів з погляду збереження ресурсів підземних вод та були розроблені рекомендації.

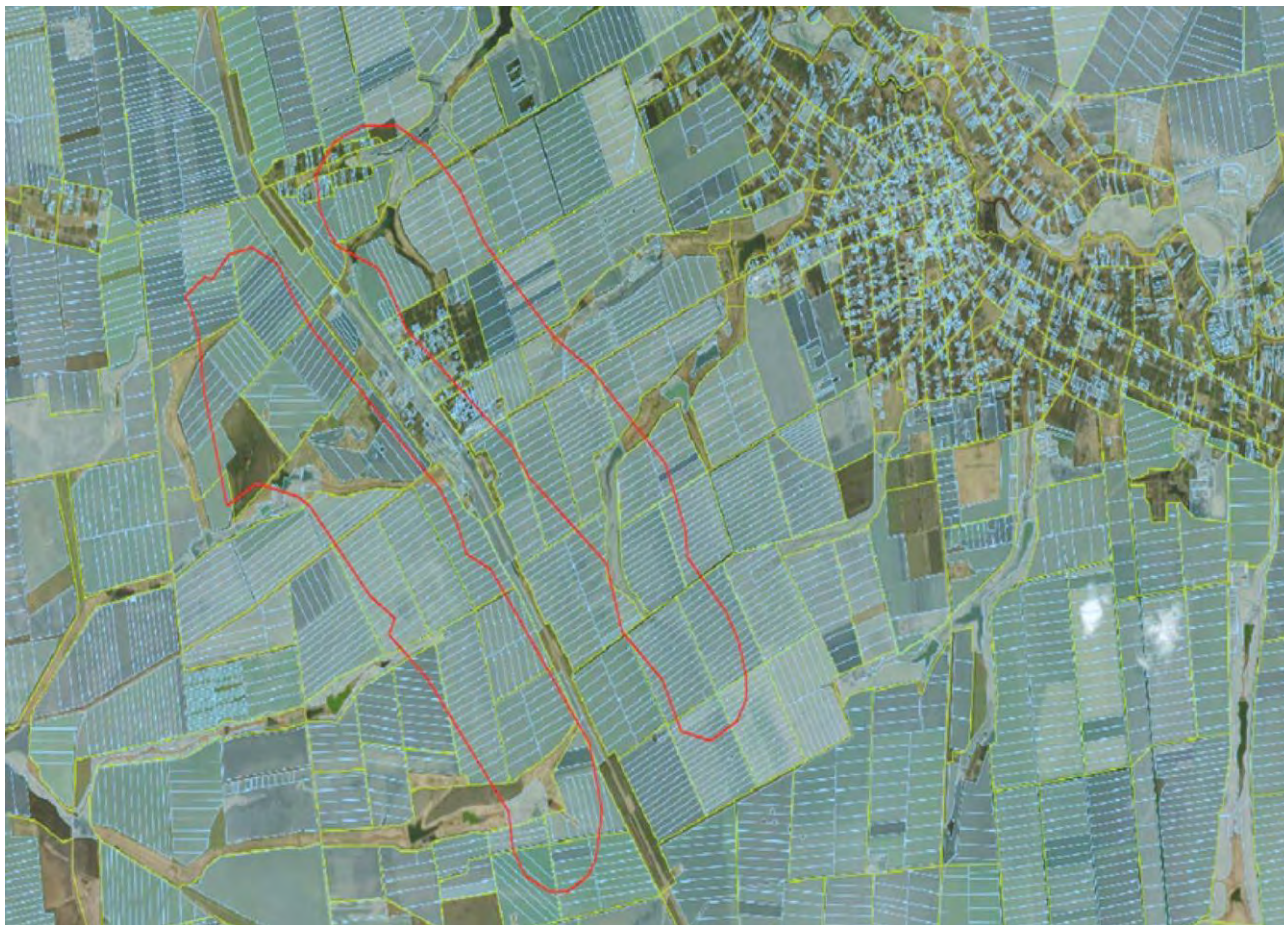


Рисунок 1. Результат поєднання винесення покладу в натуру (червоний кольори) та фрагменту інформаційної мапи (Класифікатор об'єктів адміністративно-територіального устрою України), де червоним кольором винесення покладу в натуру

Виклад основного матеріалу. Гуляйпільське родовище має 2 контури (Західний та Східний), який повторюють форму еліпсу, що витягнутий у ПнЗ напрямку ($310\text{--}315^\circ$) на 9 км, завширшки до 3 км, площею 27,5 км². Площа родовища сягає 936 га. Пласти кварцитів, які присутні в Західному та Східному крилах однойменної синклінальної складки, складають біля 3,5 млрд т (прогнозні ресурси залізистих кварцитів Гуляйпільської синклінали) та оцінені до глибини 600 м. Протяжність пласта залізистих кварцитів становить 17 км.

Геоморфологічні особливості району досліджень. Рельєф району є слабо горбистою рівниною з річними долинами, балками та ярами. Абсолютні відмітки поверхні коливаються від 95 до 170 м, а на площі родовища – від 124,5 до 157 метрів (рис. 2).

Гідромережа відноситься до басейну р. Дні-

про, що представлена його лівою притокою р. Конка з власним правим припливом рр. Жеребець та Верхня Терса і Гайчур, які є притоками р. Вовча. Безпосередньо в ореолі річні поклади відсутні. Долині рік пологі, глибиною до 30 м. та шириною 1–2 км. Русла замулені зі збереженням лише дрібних сезонних водотоків та плесів.

Напрямок природного стоку поверхневих вод зображено на рис. 3. Оскільки на площі родовища знаходяться верхів'я балок: с заходу та південного заходу – Гончарихи, Різаної, Шестіпол'я, з північного заходу – Соленої, Попова та Кучерявої, відповідно що, напрямок природного стоку направлено до цих яр-балкових мереж.

Схили балок пологі, зайняті посівами, водотік спостерігається зазвичай, в паводковий сезон. Балки використовуються з метою накопичення води для зрошення.

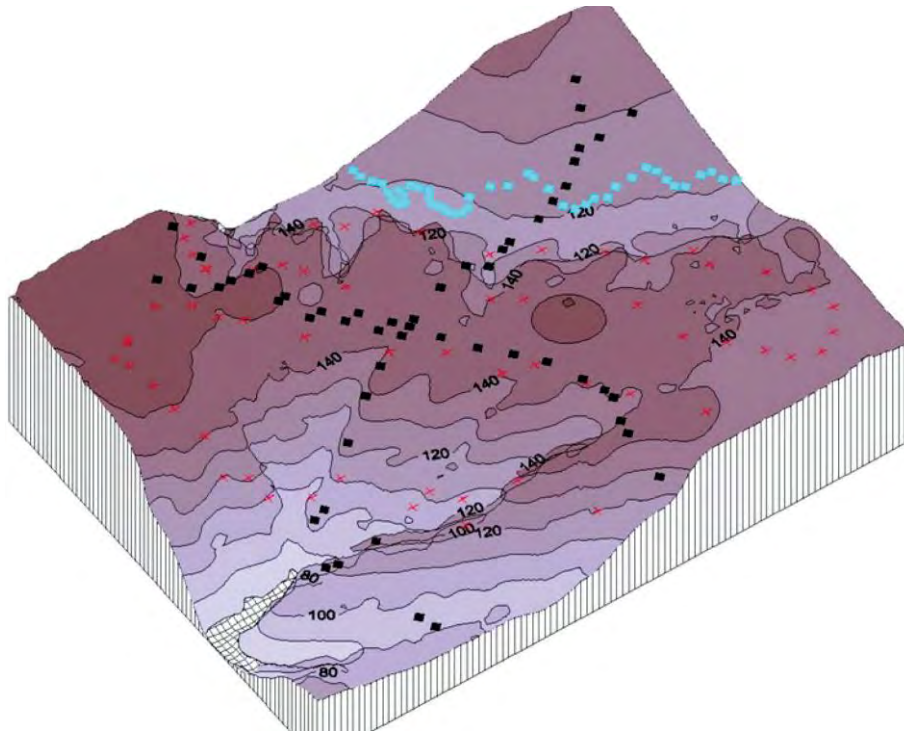


Рисунок 2. Тривимірна модель рельєфу земної поверхні з визначенням ореолів рудного тіла (червоні хрести), річок (сині кружки) та доріг (чорні точки)
де 1 – ореоли рудного тіла (червоні хрести), 2 – річки (сині кружки), 2 – дороги (чорні крапки)

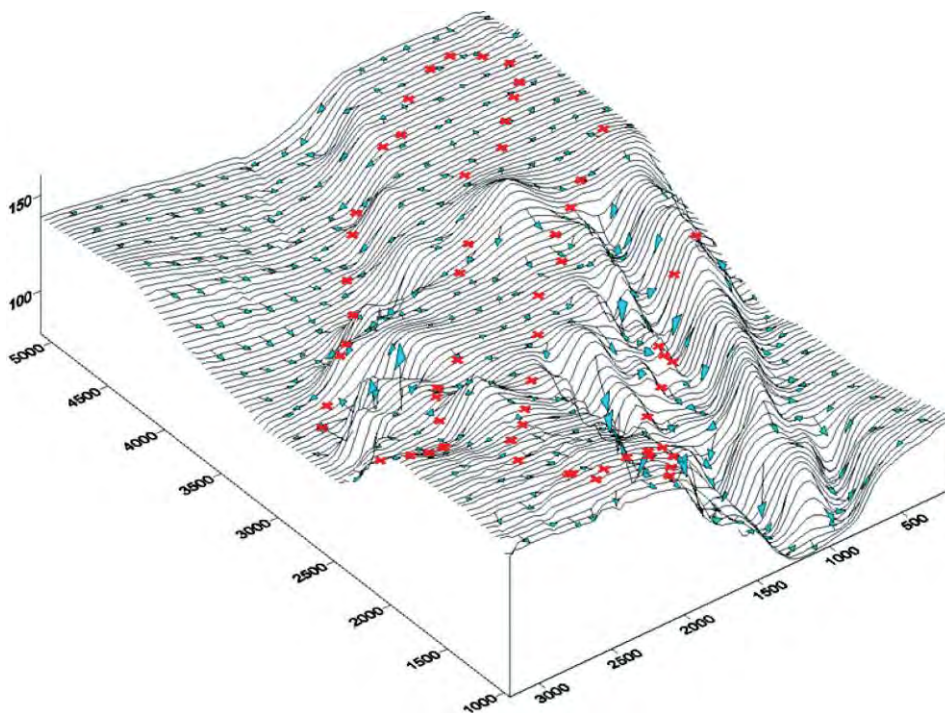


Рисунок 3. Результат моделювання напрямку природного стоку поверхневих вод в зоні родовища де 1 – ореоли рудного тіла (червоні хрести), 2 – напрямок природного поверхневого стоку вод (зелені стрілки)

Поклад Західний у північній частині розташовано в ореолі Ландшафтного заказнику б. Різана, поклад Східний у північній частині розташовано в ореолі Смарагдової мережі 1.

Геолого-економічна оцінка Гуляйпільського родовища залізних руд. З погляду геолого-економічної оцінки Гуляйпільського родовища залізних руд, характеризується великими компактно локалізованими запасами залістистих кварцитів (3,5 млн т, категорії В+С1+С2). Руди родовища, незважаючи на відносно невисокий зміст заліза магнетитового (16,6%) при загальному залізі 25,2% є легкозбагачуваними за простими схемами магнітної сепарації і забезпечують можливість отримання високоякісних концентратів (69–70,3%). В результаті проведеної оцінки, на державний баланс прийнято приріст запасів у кількості 1314,2 млн т, зокрема, за західним синклінальним крилом – 999,5 млн т.

Великі потужності рудного пласта і майже однорідний склад дозволить успішно застосувати високопродуктивні комплекси відпрацювання руди відкритим способом.

Рентабельність очікуваного до освоєння родовища на стадіях пошукової оцінки та попередньої розвідки, з урахуванням одержання як планованої продукції окатишів із вмістом у них заліза 63,5%, а також продуктів збагачення становить 15,4%. При цьому, багатоваріантні техніко-економічні розрахунки засвідчили, що дане родовище є найбільшим за запасами в Приазовському районі з продуктивністю 25 млн т/рік (608 млн т концентрату). Найвигіднішим для відкриття планованого розроблення є рудний пласт західного синклінального крила, який забезпечить термін служби кар'єра протягом понад 50 років.

Натепер ця територія знаходиться в «сірій зоні», але згодом передбачається повоєнне відновлення інфраструктури та економіки. Це дасть змогу вітчизняним підприємствам налагодити виробництво що постраждалого внаслідок війни. Для таких дій потрібні розробки нових родовищ корисних копалин. Оскільки Гуляйпільське родовище увійшло до «Переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави» [1], вони будуть надаватися у користування шляхом проведення

аукціонів з продажу спеціальних дозволів на користування надрами.

У зв'язку з військовими діями, природничий потенціал території (екосистеми) значно порушений. Забруднення вод та ґрунтів, випалювання лісів, великий обсяг хімічного забруднення від снарядів, будівництво фортифікаційних споруд та пересування військової техніки, спричиняє ерозію ґрунту. Все це призводить до того, що територія за екологічними параметрами, поступово стає непридатною для життя людей. Військові дії стають причиною загибелі біоти, що призводить до руйнування природних екосистем.

Практично усі об'єкти природно-заповідного фонду що знаходяться поблизу родовища (ландшафтний заказник місцевого значення «Балка Різана» та ботанічний заказник місцевого значення «Цілинні пришляхові смуги») нині дуже забруднені та зруйновані. Територія поступово втрачає здатність підтримувати життя різних біологічних видів. Руйнування екосистеми призвело до негативних змін в цьому районі, який був важливою аграрною та рекреаційною територією. Саме тому, подальше розроблення Гуляйпільського родовища залістистих кварцитів створить умови для відновлення соціалізації території, створенням нових робочих місць, що насамперед, підвищить економічний потенціал регіону.

Геологічні, гідрогеологічні, тектонічні, особливості Гуляйпільського родовища залістистих кварцитів

Геологічна будова. В геологічній будові родовища приймають участь складно дислоковані та глибокометаморфізовані комплекси порід докембрію, кора вивітрювання і осадові відклади мезокайнозою. Розкривні породи: четвертинні відклади – суглинки, глини, піски; полтавські; харківські – піски, пісковики, алевроліти, глини; бучацькі – зверхньодрібні піски, глини, мергелі; кора вивітрювання – глиноподібна пісковикоподібна «м'яка кора» та кристалічні породи (метаморфічні породи) – кварцити та сланці.

Товща метаморфічних порід родовища поділяється на три підсвіти: нижня – сланцеве-пісковикова, середня – залістисте-кремнієва та верхня – пісковикове-сланцева.

Продуктивна товща належить до середньої світи. Пласти магнетит-силікатних кварцитів середньої світи, які залягають в Західному та Східному крилах синклінальної складки, простежуються на відстань 9,0 км, ширина між прошарками складки по пласту залізистих кварцитів біля 3,0 км. Протяжність пласта залізистих кварцитів 17 км. Замикання складчастої структури передбачається на глибині до 3–3,5 км. Будова крил витримана за простяганням, але ускладнюється у південно-західному крилі дрібнішими складками та розривними порушеннями. Останні виявляються у північній та у південній частинах родовища. Орієнтовані вони у субширотному, північно-східному, меншою мірою субмеридіальному напрямках. Найбільш тектонічно опрацьованою частиною структурою є південно-західне крило. В якому виражені метасоматичні зміни (як у гранітах), так і метаморфічній товщі [3].

Продуктивний пласт складений кумінгтоніт-біотит-магнетитовими, стильномелан-магнетитовими і кумінгтоніт-магнетитовими кварцитами. Потужність товщі залізистих кварцитів змінюється від 5 до 425 м. Падіння пластів залізистих кварцитів на крилах складки центроклінальне під кутом 68–87°. Потужність внутрішньо-рудних прошарків, слабо зруднілих та порожніх порід по покладах Західного крила коливаються від 1 до 25 м. Оконтурювання рудних покладів проведено, згідно кондиціям, з мінімальною потужністю 10 м та максимальною потужністю внутрішньо-рудних прошарків при бортовому вмісті 12% заліза магнетитового.

За масштабом, умовах залягання та характером розповсюдження корисної копалини Західна частина Гуляйпільського родовища віднесена до 2 групи класифікації запасів родовища та прогнозних ресурсів.

По площі західного крила Гуляйпільського родовища встановлено два типи руд. В верхній частині, в межах розвитку ділянкової кори вивітрювання, знаходяться окислені сидерит-мартит-лимонітові, в нижній частині – неокислені кварцити. Глибина розповсюдження зони окислення 120–150 м від поверхні. Неокислені кварцити представлені наступними різновидами: біотит-кумінгтоніт-магнетитові (висячий блок), стильномелан-рибекіт-магнетитові (центральна частина) та кумінгтоніт-магнетитовими (лежачий блок).

Тектонічна будова. У тектонічному відношенні Гуляйпільський район знаходиться у Приазовському кристалічному масиві, який є південно-східною частиною Українського щита (УЩ). Кордоном Приазовського регіону є Бердянська зона розломів на півдні, яка відокремлює його від Азово-Чорноморської западини. На півночі регіон межує з Південно-Донбаською зоною розломів із Дніпрово-Донецькою западиною (ДДЗ) та складчастим Донбасом. Східна його околиця проходить по Грузько-Еланчикській зоні розломів, пастка – по Ореховській шовній зоні (Оріхово-Павлоградська складчаста зона).

Характерною особливістю Гуляйпільського блоку є північно-західне простягання в ньому розломів, порід та шарнірів складчастих структур, що підкреслює незгоду його з сусідніми структурами – Корсакською та Орехово-Павлоградською складчастими зонами [4].

У складі Гуляйпільсько-Куйбишевської купольної структури виражено гранітоїдний комплекс за участю тоналітів, плагіогранітів, діоритів, роговообманкових та інших типів гранітів та мігматитів, зупинкових тіл ультрабазитів та базитів. Вік плагіогранітів 2800 млн років, мікроклінових гранітів – 2010 млн років [4].

У більш широкому тектонічному аспекті територія включена до Приазовської металогенічної області, до складу якої крім Гуляйпільського рудного району входять Вовчанський, Західно-Приазовський та Східно-Приазовський.

Приазовський блок є докембрійською складчастою спорудою з широким поширенням метаморфічних та інтрузивних комплексів порід архейського та протерозойського віку.

До архею відносяться метаморфізовані породи західно-приазовської серії – амфіболіти, габро-амфіболіти, біотит-амфіболіти, піроксен-амфіболіти, кристалічні сланці та гнейси, магнетитові кварцити тощо. Протерозойські утворення у регіоні представлені товщею метаморфізованих осадових та ефузивних порід.

Тектонічні форми, що визначають розміщення рудних зон – поєднання купольно-кільцевих структур, глибинних регіональних порушень, що визначили складно-блокову будову Приазов'я та просторовий розподіл депресійно-складчастих синклінальних зон (рис. 4).

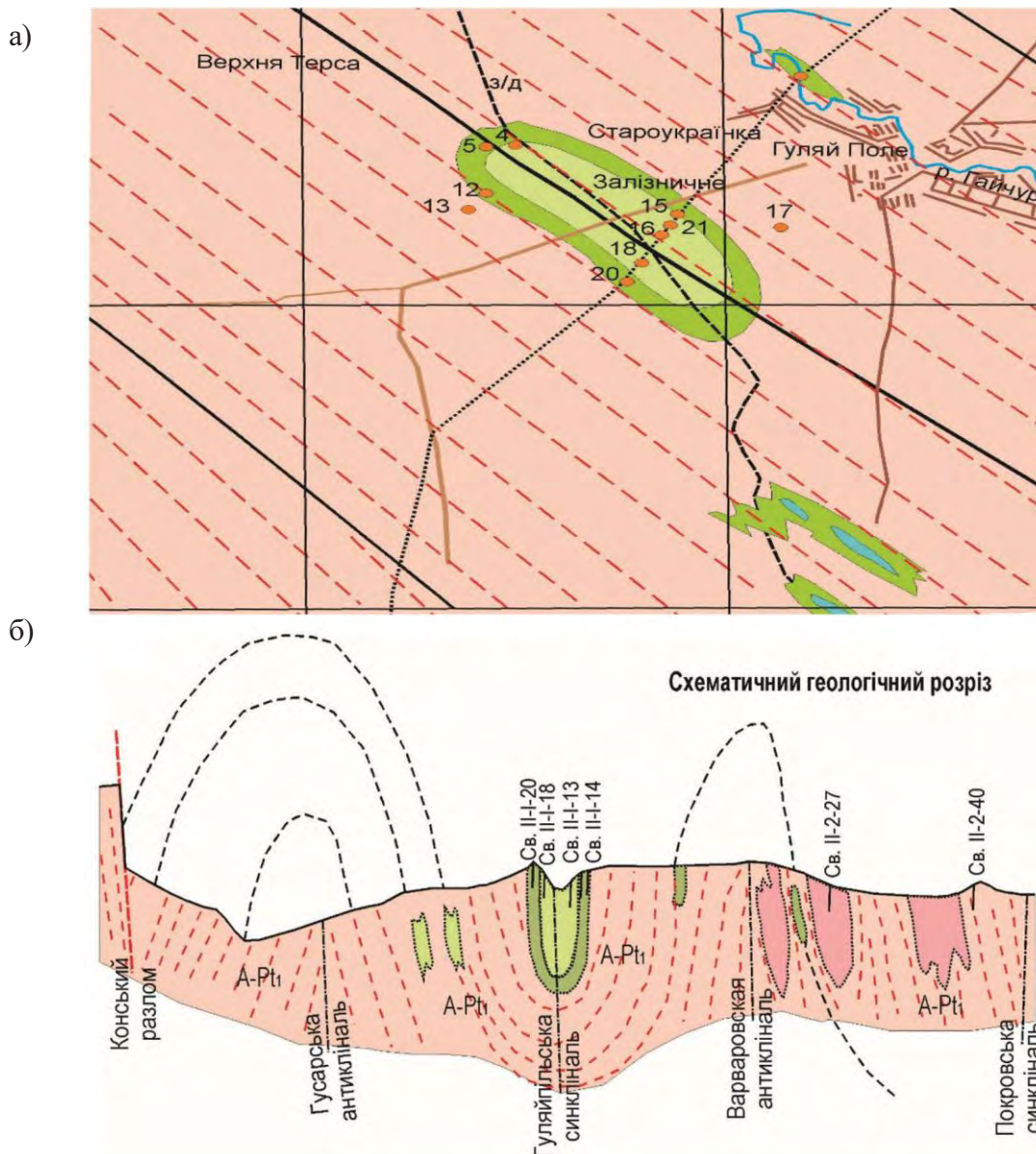


Рисунок 4. Фрагмент геологічної карти докембрію в зоні рудоносної структури (а), доповнений геологічним розрізом по лінії 1-1 (б), де 1 – св. 20–14 – рудоносне тіло

У тектонічній будові масиву Гуляйпільське родовище відноситься до однойменної складці, витягнутій у напрямку ПнЗ 310–315°, осьова площина залягає практично вертикально. Крила складки падають назустріч один одному під кутами 68–87°. Розмір довгої осі складки 9,5 км., короткої 2,2–2,8 км.

Гідрогеологічна будова. В гідрогеологічному відношенні Гуляйпільське родовище залізистих кварцитів розташовано на північно-західній околиці Консько-Ялинського малого артезіанського басейна, який знаходиться в межах гідрогеоло-

гічної області тріщинних вод Українського кристалічного масиву. В межах родовища встановлено 7 водоносних горизонтів. Основними горизонтами, які обводняють родовище і охоплюють територію в радіусі 8–10 км навколо родовища є: безнапірний полтавсько-харківський водоносний горизонт та напірні водоносні горизонти кори вивітрювання та кристалічних порід докембрію.

На території дослідження встановлено наявність наступних водоносних горизонтів [5]:

1. Четвертинний водовмісні породи еолово-делювіальні суглинки та піщано-глинисті від-

клади. Потужність горизонту від 5 до 11 м, має вільну поверхню. Глибина залягання ґрунтових вод від 1,2 до 3,8 м. Багатоводність слабка, дебіт колодязів до 1м³/год.

2. *Полтавський* – основний горизонт, який обводнює родовище та залягає єдиним комплексом. Потужність у межах кар'єру 19–49 м (Західний 1) та 2–47 м (Західний 2). Безнапірний. Статичний рівень +89 – +84 м (позначки в межах Західний 1 та 2), в районі робіт +106 – +65 м. Падіння рівнів зі сходу на захід. Горизонт має гідравлічний зв'язок із горизонтами що залягають нижче. Висока водопроникність – від 34 до 249 м²/добу. Питомий дебет свердловин – до 5,13 м³/годину. К фільтрації 0,8 – 14,8 м/добу. К рівня непровідності $4,4 \cdot 10^4$ м²/добу.

3. *Харківський* – обмежене поширення. Потужність 2–22,4 м. Водовмісні породи – глинисті, дрібнозернисті піски. Багатоводність слабка. Дебет свердловин 0,04 м³/годину. Слабо напірний.

4. *Бучацький* – поширений на невеликих ділянках у межах родовища. Водовмісні породи – піщано-глинисті вуглисті відкладення потужністю 2–3 м. Позначки рівня +81 – +82. Багатоводність слабка.

5. *Верхнекрейдяний* – суцільне поширення на південь від району робіт. У межах ділянки поширений лише на невеликій площі у північній частині родовища. Приурочений до тонкозернистих пісків. Багатоводність слабка. Напірні води з величиною напору 23 м.

6. *Кори вивітрювання* має суцільне поширення з величиною напору від 27 до 35 м (напірний). Має гідравлічний зв'язок з нижчим горизонтом тріщинуватої зони порід докембрію та з вище залягаючим полтавсько-харківським горизонтом у місцях його залягання безпосередньо на корі. Багатоводність різна, дебіти свердловин 0,006–1,94 м/добу.

7. *Води тріщинних зон кристалічних порід докембрію*. Багатоводність залежить від ступеню вивітрілості та тріщинуватості. Поширення по латералі та в розрізі нерівномірне. Найінтенсивніші зони простежуються по глибині від 100 до 200 м. Наступні, менш інтенсивні – 200–5300 м. Нижче – тріщинуватість рідкісна, закритого типу. Горизонт напірний (32–102 м). Статичні рівні встановлюються на глибинах від 47 до 78 м. К

фільтрації варіює від 0,01 до 0,6 м/добу. Може досягати в окремих зонах до 10,8 м/добу.

Із врахуванням складних гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов родовища, залягання рудного покладу за розкритими нестійкими породами потужністю понад 100 метрів, дислокація та водоносність рудного покладу, очікується загальний водоприплив в кар'єр до 1500 м³/год. Існує необхідність проведення подальших дренажних робіт.

Оскільки на площі родовища знаходяться верхів'я балок: із заходу та південного заходу – Гончарихи, Різаної, Шестіпол'я, з північного заходу – Соленої, Попова та Кучерявої, логічно що напрямком природного стоку направлено до цих яр-балкових мереж.

Інженерно-геологічні та гірничо-технічні умови досить складні, середня потужність розкриття сягає 120 м, коефіцієнт розкриття 1,1 м³/м³.

Сучасний виклик у вирішенні питання видобутку залізистих кварцитів Гуляйпільського родовища полягає в створенні умов мінімізації впливу на довкілля за рахунок вибору належного способу розробки корисних копалин, використання новітніх технологій для екологізації виробництва і видобування та врахування прикладів розробок родовищ, що використовують більш екологічно чисті технології.

Оцінка масштабів зони порушеного ландшафту та природного геологічного масиву з урахуванням кінцевого контуру кар'єру, буде мати значно більші обсяги чим суто рудні тіла, що виявлені при геолого-вишукувальних роботах.

Для простих за формою та крутих за заляганням покладів корисних копалин максимальні параметри кар'єру по поверхні визначають:

а) довжина кар'єру по поверхні (за простяганням покладу) розраховується за формулою (1):

$$L\delta = L\delta_n + 2H_k \operatorname{ctg}\gamma_{\text{отк}} \quad (1)$$

де $L\delta_n$ – довжина покладу корисної копалини, м.

б) ширина кар'єру по поверхні (у хрест простягання покладу) розраховується за формулою (2):

$$Ш_n = Ш_\delta + 2H_k \operatorname{ctg}\gamma_{\text{сеп}} \quad (2)$$

де $Ш_n$ ширина дна кар'єру, м;

$Ш_\delta = 20\text{--}30$ м;

$ctg\gamma_{сер}^{(1)}$ – середній кут укосу неробочих бортів кар’єру, град;

$$ctg\gamma_{сер}^{(1)} = \frac{\gamma_{сер} + \gamma}{2} \quad (3)$$

Кути укосів неробочих бортів кар’єру для крутих покладів корисної копалини визначають з таблиці.

Аналізуючи вищенаведені особливості розрахунків, довжина та ширина кар’єру по поверхні збільшаться на 1287 м та 1400 м відповідно (порівняно з оконтуреними покладами).

З огляду особливостей геолого-тектонічної будови (круте падіння крил синклінальної складки із зануренням на глибини понад 1000 м) та отриманих авторами розрахунків довжини та шири-

Таблиця

Кути укосів неробочих бортів кар’єру

Породи	Коефіцієнт міцності порід, f	Кут укосу неробочого борту (градуси) за глибини кар’єру, м				
		≤90	≤180	≤240	≤300	>300
Найвищою мірою міцні та дуже міцні	15–20	60–68	57–65	53–60	48–54	43–49
Міцні та доволі міцні	8–14	50–60	48–57	45–53	42–48	37–43
Середньої міцності	3–7	45–50	41–48	39–45	36–43	32–37
М’які та доволі м’які	1–2	30–43	28–41	26–39	26–36	–
М’які та землісті	0,6–0,8	21–30	20–28	–	–	–

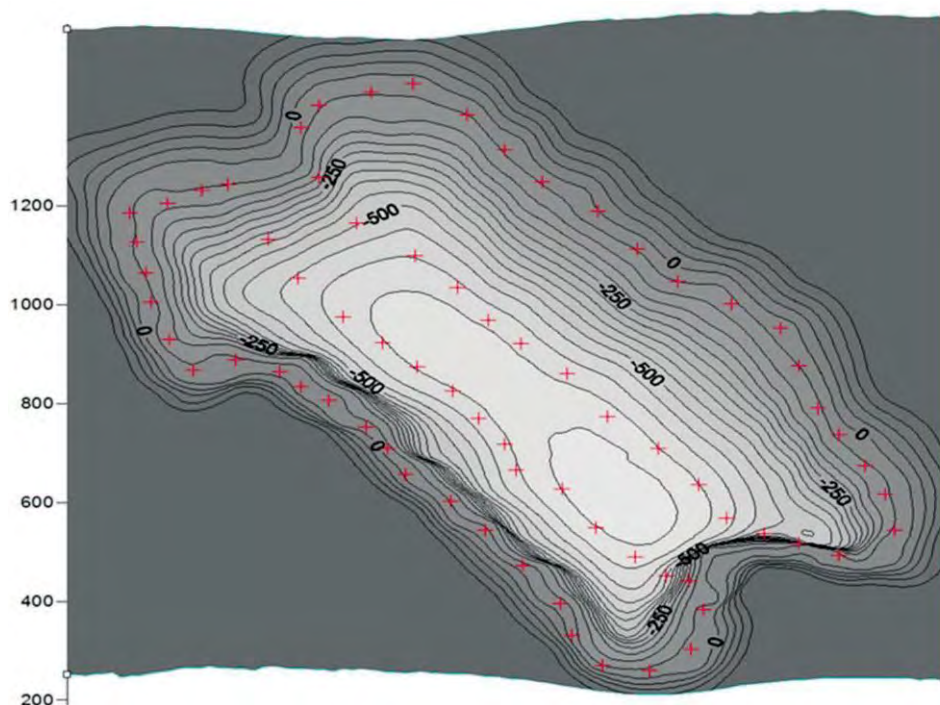


Рисунок 5. Модель майбутнього кар’єру Гуляйпільського родовища залізних руд у 3D де 1 – контур рудних тіл (червоні хрести)

ни майбутнього кар'єру при створенні 3D-моделі, може бути здійснена комбінованим способом (до глибин 500 м – відкрите та підземне розроблення) (рис. 5).

Аналізуючи способи розкриття родовищ та враховуючи літературні джерела [6], автори статті встановили наступне:

1). Вертикальні стовбури можуть бути пройдені з глибини 500 м «дна» (підшвою) кар'єру і використовуватися одночасно для підйому руди, породи, для провітрювання, доставки матеріалів і устаткування, транспортуванню людей, прокладання трубопроводів і кабельних ліній тощо. Отже, для умов глибокої шахти можна рекомендувати розкриття горизонтів із застосуванням сліпих вертикальних стовбурів.

2). Будівництво горизонту другого ступеню можливе з використанням: однієї точки прикладання робіт - від головного стовбура; двох - від головного стовбура та одного з флангових; трьох точок - від головного стовбура та обох флангових або - від головного стовбура, флангового та тимчасового приштрекового; п'яти точок - від головного стовбура, двох флангових і двох тимчасових приштрекових.

Створення умов мінімізації впливу розробки залізистих кварцитів з погляду збереження ресурсів підземних вод

Найбільша величина водопривлів буде спостерігатися у період будівництва кар'єра, коли статичні запаси підземних вод становитимуть приблизно 50% від загальної величини. Під час експлуатації кар'єра величина водопривлів за рахунок підземних вод перебуватиме в межах 700–1200 м³/год, а з урахуванням атмосферних опадів 1100–1500 м³/год. Це значення можна прийняти за максимальне. Водночас, під час експлуатації особливо під час проходки в кристалічних породах, необхідно дотримуватися обережності під час розкриття тріщинних зон, за якими під час випробування, було отримано коефіцієнт фільтрації 10,87 м/добу.

Річки Гайчур і Конка в літній період, зазвичай стають маловодними та часто пересихають. Ресурси підземних вод району досить обмежені, що пояснюється малою кількістю опадів та

малою потужністю водних горизонтів, а також слабкою напірністю. Розкриті кар'єром водоносні горизонти, відповідно, дещо зменшать водність району. Раніше планувалося використовувати воду Каховського водосховища, як джерело додаткового водопостачання гірничого підприємства, але після руйнування, це виявилось неможливим. У зв'язку з цим, доцільно використати схему самопливного колектору до збудованого водозбірника, коли дренажні води до виходів бортів кар'єра на проектне положення колектором надходять до водозбірника, звідки перекачуються до хвостосховища, де спільно із кар'єрними водами можуть бути використані для виробничого оборотного водопостачання. Загальна кількість побутових стоків за розрахунками становить 29 тис. м³/добу, з яких від промислових об'єктів 3,5 тис. м³/добу, від населення 20 тис. м³/добу, необліковані – 5,5 тис. м³/добу. Ці стоки системою самопливних колекторів, насосних станцій і напірних трубопроводів повинні бути відведені на очисні споруди, для проведення біологічного очищення. В подальшому, очищені стоки відводяться в ставок-накопичувач та насосною станцією, по напірному трубопроводу, будуть подаватися на поля агропромислового призначення для зрошення.

Висновки

За результатами проведеної оцінки та максимальних розрахунків параметрів майбутнього кар'єру Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів, залежно від існуючих гірничо-геологічних, структурно-тектонічних та гідрогеологічних умов, авторами статті було створено 3D-модель кар'єру. В роботі були висвітлені питання створення умов мінімізації впливу розроблення залізистих кварцитів з погляду збереження ресурсів підземних вод та їх відтворення. Також було розроблено схему водопостачання та водокористування під час видобутку.

Авторами статті було рекомендовано комбінований спосіб розробки залізистих кварцитів (відкритий до 400 м та підземний – з глибини 400 м за допомогою вертикальних стовбурів) для мінімізації негативних наслідків процесу зрушення бортів глибоких кар'єрів.

Список використаних джерел

1. «Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави»: Рішення Ради національної безпеки України від 16.07.2021, № № 306/2021: станом на 02.03.2025. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0046525-21>.
 2. Morris P., Therivel R., Wood G. *Methods of Environmental and Social Impact Assessment*. Location New York. New York, 2017. Т. 4. С. 740. URL: <https://doi.org/doi.org/10.4324/9781315626932>.
 3. Каталенец А., Пирогова В. О метасоматозе на Гуляйпольском месторождении. *Минералогия рудных месторождений Украины*. К : Наукова думка, 1984. С. 149–159.
 4. Структуры железорудных полей и месторождений Приазовья / А. Каталенец та ін. *Геология и разведка*. 1986. вип. 12. С. 28–39.
 5. Linder U. *Mining and Construction - Special Innovations: RCS, Atlas Copco Rock Drills*. Örebro, Sweden. 2011. Т. 1. С. 20–22.
-
-