

## ЗБАЛАНСОВАНИЙ ПІДХІД ДО ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД ГУЛЯЙПІЛЬСЬКОГО РОДОВИЩА В СУЧАСНИХ УМОВАХ

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

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ  
natalidyachenko1969@gmail.com

Означені актуальні питання сучасного видобутку залізних руд в Україні та його наслідків. Визначено, що відбудова України в післявоєнний час потребує від держави важливих економічних кроків, що пов'язані зі зростанням видобутку корисних копалин, особливо руд чорних металів. Незважаючи на достатній резерв розвіданих запасів залізної руди в Україні, сучасні показники видобутку не сприяють забезпеченню потреб країни та експортних обсягів, спостерігається виснаження надр на деяких родовищах, розробка «нових» родовищ потребує реформування технологічного та екологічного механізмів користування ними. Вивчаючи вплив гірничодобувного сектору на довкілля в інших країнах, оцінюючи новітні технології з метою поліпшення екологічних показників та конкретні приклади успішного сталого видобутку корисних копалин, таке дослідження є підґрунтям для створення фундаменту екологізації технологічних процесів у галузі видобування, спрямованих на узгодження зеленого зростання та гірничодобувного сектору. В праці розглянуті нові технологічні тенденції, які прямо чи опосередковано впливають на екологічні показники в гірничодобувній галузі. Підвищення екологізації виробництва завдяки впровадженню нових технологій, які зменшують вплив гірничодобувної діяльності на навколишнє природне середовище, розглянуто на прикладі Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів для майбутнього кар'єру. Його максимальні параметри по поверхні розраховані в праці та означені авторами завдяки здійсненню науково – практичним відповідним дослідженням. Гуляйпільське родовище увійшло до «Переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави». *Ключові слова:* технології захисту, кар'єр, гірничодобувна промисловість, Гуляйпільське родовище, екологізація, прогнозування, ризик-орієнтоване управління.

**A balanced approach to the extraction of iron ore at the Gulyaypilske deposit in modern conditions. Ulytsky O., Kasyanenko D., Diachenko N.**

The article is devoted to topical issues of modern iron ore mining in Ukraine and its consequences. It is determined that the reconstruction of Ukraine in the post-war period requires important economic steps from the state, which are associated with the growth of minerals production, especially ferrous ores. Despite the sufficient reserve of proven iron ore reserves in Ukraine, current production rates do not meet the country's needs and export volumes, there is depletion of subsoil in some deposits, and the development of "new" deposits requires reforming the technological and environmental mechanisms for their use. By studying the environmental impact of the mining sector in other countries, evaluating the latest technologies to improve environmental performance and specific examples of successful sustainable mining, this paper provides the basis for creating a framework for greening mining processes aimed at reconciling green growth and the mining sector. The paper considers new technological trends that directly or indirectly affect environmental performance in the mining industry. Increasing the environmental friendliness of production through the introduction of new technologies that reduce the impact of mining activities on the environment is considered on the example of the Gulyaypilske ferruginous quartzite deposit, for the future open pit of which the maximum parameters of the open pit on the surface are calculated. The Gulyaypilske deposit is included in the "List of subsoil areas (mineral deposits) that are of strategic importance for the sustainable development of the economy and the state's defence capability". *Key words:* protection technologies, open pit, mining industry, Gulyaypilske deposit, environmentalisation, forecasting, risk-oriented management.

**Постановка проблеми.** Широкомасштабна війна росії проти України вплинула на стан економіки не лише нашої держави, але й інших країн. Україна завжди була потужним експортером різноманітної сировини, зокрема такої як залізна руда або чорні метали. Відбудова України потребує від держави життєво важливих економічних заходів, пов'язаних зі зростанням видобутку корисних копалин, особливо руд чорних металів.

На сьогодні в Україні функціонує 65 підприємств з видобування металевих руд [1]. До початку війни, наприклад, у 2020 році, згідно з даними ДНВП «Геоінформ України» видобування руд заліза здійснювалося на родовищах, де зосереджено близько 60% від усіх розвіданих запасів України. Видобування здійснювали 14 підприємств. Того року обсяг екс-

порту руд та концентратів заліза неагломерованих збільшився на 24,17% порівняно з 2019 роком, досягши 30 857,32 тис. т вартістю 2 542,24 млн дол. США. Експорт здійснювався у понад 20 країн світу. Обсяг експорту руд та концентратів заліза агломерованих також збільшувався. Наприклад, у 2020 р. було експортовано 15 435,52 тис. т руд та концентратів заліза агломерованих, що на 2,55% більше за аналогічний показник попереднього року [2].

Інша динаміка спостерігається в сучасні часи. Криворізький залізорудний комбінат (КЗРК) – найбільший виробник агломераційної руди України – за підсумками січня 2023 року збільшив виробництво товарної залізної руди підземного видобутку на 4,7% в порівнянні з попереднім місяцем – до 135 тис. т. Але, порівняно із січнем 2022 року, у січні 2023 року

КЗРК зменшив виробництво аглоруди на 60,9% [3]. Такі показники не сприяють забезпеченню потреб країни та експортних обсягів. За оцінкою фахівців [4] ринок заліза є одним із найважливіших світових ринків, оскільки залізна руда є другим за важливістю товаром після нафти. Україна має кілька підстав для нарощування видобутку залізної руди: перша – можливість втрати світового ринку збуту, друга – потреби країни для її відновлення.

Проте, треба визнати, що видобувна промисловість – це основне історичне джерело шкоди навколишньому середовищу. У той час як уряди країн світу працюють над підтримкою переходу до більш зеленого економічного зростання, та сприяють не тільки підтримці поліпшення екологічних показників у гірничодобувному секторі, але й забезпеченню того, щоб ця галузь стала прогресивною складовою екологізації економіки, Україна лише розглядає основні приклади екологічної шкоди, спричиненої різними формами видобутку корисних копалин.

**Актуальність дослідження.** Для України гірничорудна добувна промисловість є не тільки важливим сектором економіки, що забезпечує зайнятість, державні доходи та сировину для військової та цивільної промисловості, але й має потенційну довгострокову екологічну небезпеку навколишньому середовищу. Саме відкритий видобуток корисних копалин, у тому числі кар’єрний, є найпоширенішою формою видобутку, що призводить до змін у ландшафті, знищення місць проживання для флори і фауни, забруднення поверхневих та підземних вод, тощо. На сьогодні існує значна кількість країн, які прагнуть припливу не тільки доходів від видобування корисних копалин, але й новітніх технологій в гірничодобувну галузь. Саме тому держава має

забезпечити видобувну галузь прогресивним партнерством у реалізації стратегій, що сприяють переходу гірничодобувної галузі до сталого розвитку України на період до 2030 року. Варто зазначити, що для відновлення та розвитку України чітко постає потреба в нарощуванні виробництва та видобутку з застосуванням галузевих рішень екологізації видобування, при цьому великі гірничодобувні компанії виявляють значну зацікавленість у розв’язанні наявних проблем [5].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття.** В Україні основні запаси руд заліза зосереджені в Криворізькому, Кременчуцькому, Білозірському, Маріупольському та Керченському залізрудних районах (рис. 1, а).

Вони представлені трьома геолого-промисловими типами: багатими магнетит-гематито-мартитовими рудами, залістими кварцитами та оолітовими бурими залізняками. Станом на 01.01.2021 р. балансові запаси залізних руд згідно з даними ДНВП «Геоінформ України» становили 18065,04 млн. т. Кількість родовищ у 2020 році становила 60 од. Обсяг балансових запасів розподіляється так: Дніпропетровська область – 8781,52 млн. т (48,61%), Полтавська – 5038,69 млн. т (27,89%) і Запорізька – 2755,13 млн. т (15,25%).

Залізна руда відноситься до невідтворювальних природних ресурсів. Тому, незважаючи на достатній резерв розвіданих запасів залізної руди, зараз спостерігається виснаження надр на деяких родовищах, що потребує реформування технологічного та екологічного механізмів користування ними. Сьогодні потребує сталого природокористування. Тобто, на заміну екстенсивного природокористування, що

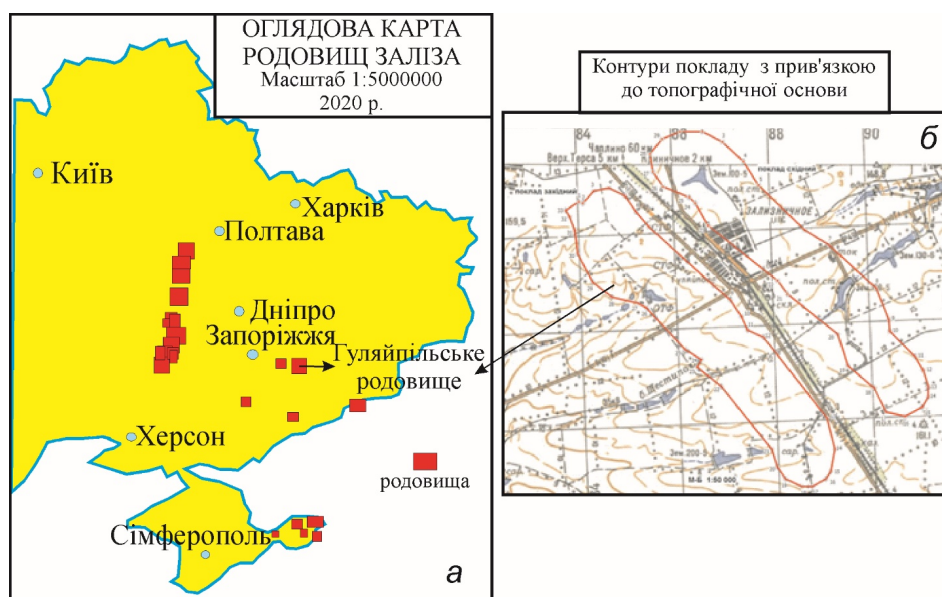


Рис. 1. Географічне розташування районів залягання залізних руд України (а) з деталізацією контурів покладу Гуляйпільського родовища (б)

передбачало інтенсивне використання природних ресурсів і забруднення довкілля викидами до атмосферного повітря та водойм, забрудненням ґрунтів і підземних вод, виникає необхідність використання маловідходних і безвідходних технологій, або екологізація видобутку та виробництва.

Для забезпечення відновлення України та її зростаючих потреб у вигляді матеріального виробництва, необхідно залучати до розробки нові запаси залізородних родовищ, які раніше не розроблялися з певних причин.

Наочним прикладом є Гуляйпільське родовище залізистих кварцитів (див. рис. 1). Гуляйпільська магнітна аномалія була виявлена ще в 1931 році Українським геофізичним трестом. За період 1973–1981 років Білозірською геологорозвідувальною експедицією ПГО «Південьгеологія» була здійснена розвідка на площі всієї Гуляйпільської структури. Родовище має форму еліпсу, що витягнутий у північно-західному напрямку (азимут простягання  $310\text{--}315^\circ$ ) на 9 км, завширшки приблизно 3 км. Глибина покладу розповсюджена до 600 м. Розвідане родовище має 2 контури: Західний та Східний (див. рис. 1, б). Площа родовища – 936 га. Детальна розвідка Західного крила родовища виконувалася в період 1981–1985 років Білоярською ГРЕ. Детальна розвідка Гуляйпільського родовища була проведена згідно з сумісним наказом Мінчермету СРСР і Мінгео СРСР «О детальном укрєпленні минерально-сырьевой бази черной металлургии на 1981–1985 гг и на период до 1990 гг», від 16 грудня 1981 г № 564/1184 [6], а також на основі техніко-економічних розробок інституту «Кривбаспроект». Гуляйпільське родовище має поклади корисних копалин, зокрема, сланцю, кварциту та залізних і германієвих руд.

Пласти кварцитів, що присутні в Західному та Східному крилах однойменної синклінальної складки, складають близько 3,5 млрд. т. (прогнозні ресурси залізистих кварцитів Гуляйпільської синклінали) та оцінені до глибини 600 м. Протяжність пласта залізистих кварцитів 17 км.

На Державному балансі корисних копалин колишнього СРСР, станом на 1.01.1985 р., по площі Гуляйпільського родовища було 1930,5 млн. т балансових запасів залізистих кварцитів з середнім вмістом загального заліза 26,2% і магнетитового – 16,4%, в тому числі за категорією  $C_1$  – 1314,1 млн. т, та  $C_2$  – 616,4 млн. т, з них: по Західному тілу – 1026,5 млн. т, (Fe заг. – 26%, Fe магн. – 16,6%, в т.ч по кат.  $C_1$  – 999,5 млн. т, та  $C_2$  – 27,0 млн. т). Підраховані запаси: а) забалансові запаси окислених кварцитів в кількості 83880 тис. т. категорії  $C_1$  – 434310 тис. т. (в контурі кар'єра – 370259 тис. т.) категорія  $C_2$  – 1362110 тис. т. (в контурі передбачуваного кар'єру – 613827 тис. т) [7]. Термін користування надрами Гуляйпільського родовища – 20 років.

Спробам розроблення родовища у 2005, 2008, 2013 роках активно протидіяв громадський рух

з метою недопущення відкритої розробки залізних кварцитів та уникнення можливих несприятливих наслідків для довкілля, що можуть завдати шкоди значним обсягам вод, рослинному та тваринного світу, тощо.

Гуляйпільське родовище увійшло до «Переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), що мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави» [8], які надаватимуться у користування шляхом проведення аукціонів з продажу спеціальних дозволів на користування надрами та на умовах угод щодо розподілу продукції.

Оцінка наслідків видобутку корисних копалин на цій території здійснювалася багатьма дослідниками [9, 10]. Питанням потенційного впливу промислового видобутку залізистих кварцитів Гуляйпільського родовища відкритим кар'єрним способом на довкілля присвячена робота Улицького О.А. та інших [11]. У праці автори ретельно вивчили, проаналізували та розрахували різноманітні показники ландшафтних, гідрогеологічних змін, створили тривимірні моделі сучасного стану довкілля та прогнозні моделі ландшафтних змін, що утворюються під час видобутку корисних копалин Гуляйпільського родовища. Так, уперше визначені показники потенційного впливу гірничодобувного комплексу Гуляйпільського кар'єру на земну поверхню і ландшафт, на водний та повітряний басейни, рослинний і тваринний світ, а також та вплив відходів видобутку на навколишнє природне середовище. Проте створена авторами спрощена тривимірна модель видобутку рудного тіла не враховувала структуру майбутнього кар'єру, який має зазвичай більш великі площі та об'єми, ніж суто рудний поклад.

**Мета роботи.** Напрямок праці – визначення основних сучасних проблем гірничодобувної галузі України та можливих перспектив її розвитку за рахунок залучення нових розвіданих запасів Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів з урахуванням створення умов мінімізації впливу на довкілля за рахунок використання новітніх технологій для екологізації виробництва і видобування.

**Об'єкт дослідження.** Сучасні природоохоронні технології захисту навколишнього середовища та забезпечення екологічної безпеки в гірничодобувній галузі залізних руд.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Результати дослідження сприятимуть майбутнім перспективам розвитку видобутку рудних покладів за рахунок залучення нових розвіданих запасів Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів з урахуванням умов ефективного використання новітніх технологій для екологізації виробництва і видобування та своєчасного прогнозування наслідків впливу на довкілля кар'єрного видобутку заліза сучасними методами.

**Виклад основного матеріалу.** Зазначимо, що структура кар'єру зазвичай має ступінчасту форму:

верхні шари складаються в основному із розкривної породи, а на нижніх – здійснюється видобуток.

Загальна схема освоєння покладів у кар'єрах додана на рис. 2 де:

– шари порожніх порід поділяються на уступи, які знімаються зверху вниз, причому верхні шари випереджають нижні (зона Б на рис. 2);

– вироблений простір збільшується відповідно до переміщення робочих уступів (зона А, рис. 2).

Саме тому зона порушеного ландшафту та в цілому природного геологічного масиву з урахуванням кінцевого контуру кар'єру буде мати значно більші обсяги.

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

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

$$L_d = L_{dp} + 2H_k \operatorname{ctg} \gamma_{отк} \quad (1)$$

де  $L_{dp}$  – довжина покладу корисної копалини, м.

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

$$Ш_n = Ш_d + 2H_k \operatorname{ctg} \gamma_{сеп}^{(1)} \quad (2)$$

де  $Ш_n$  – ширина дна кар'єру, м;  $Ш_d = 20-30$  м;  $\operatorname{ctg} \gamma_{сеп}^{(1)}$  – середній кут укосів неробочих бортів кар'єру, градус;

$$\operatorname{ctg} \gamma_{сеп}^{(1)} = \frac{\gamma_{сеп} + \gamma}{2}$$

Кути укосів неробочих бортів кар'єру для крутих покладів корисної копалини визначають з табл. 1.

Спираючись на вищенаведені особливості розрахунків, довжина та ширина кар'єру по поверхні збільшиться на 1287 м та 1400 м відповідно (в порівнянні з 3D моделлю з роботи [11]).

Безумовно, виникає необхідність, створення моделей, які врахують усі складові кар'єрної розробки корисних копалин: схеми видобувних робіт, виробничо-технологічні процеси, що пов'язані з розробкою родовища та переробкою сировини. Наступний крок – це всеосяжна оцінка впливу на навколишнє природне середовище від діяльності майбутнього видобувного підприємства.

У зв'язку з військовими діями, природний потенціал (екосистема) території, що опинилася у «сірій зоні», зазнав значних втрат. Забруднення вод та ґрунтів, випалювання лісів, великі обсяги хімічного забруднення від снарядів та вибухонебезпечних предметів, будівництво фортифікаційних споруд та проїзд техніки, що спричиняють ерозію ґрунту – все це призводить до того, що територія за екологічними параметрами поступово стає непридатною для життя людей. Військові дії стають причиною загибелі біоти та призводять до руйнування природних екосистем.

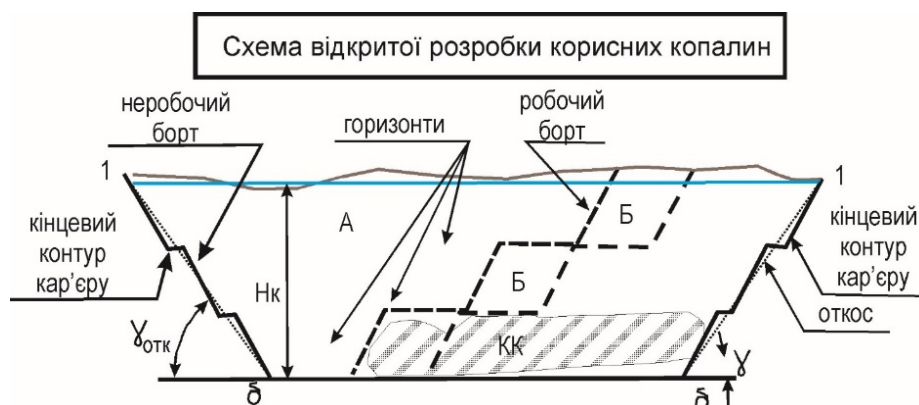


Рис. 2. Схема відкритої розробки корисних копалин

Примітка:  $H_k$  – кінцева глибина;  $\alpha$  – кут падіння корисної копалини;  $\gamma_{отк}$  – кут укосів неробочого борту кар'єра з боку висячого боку покладу;  $\gamma$  – те саме з боку лежачого боку покладу корисної копалини.

Таблиця 1

#### Кути укосів неробочих бортів кар'єру

Породи	Коефіцієнт міцності порід, $f$	Кут укосів неробочого борту (градуси) за глибини кар'єру, м				
		$\leq 90$	$\leq 180$	$\leq 240$	$\leq 300$	$> 300$
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	–	–	–

З великою ймовірністю відновити втрачені ліси і річки буде досить складно. Умови життя в цьому регіоні України стануть менш сприятливими, ніж були раніше.

Гуляйполе розташоване на межі трьох областей (саме місто у Запорізькій, але межує із Донецькою та Дніпропетровською) і було дуже важливим аграрним та рекреаційним населеним пунктом. Наявність ландшафтного заказнику місцевого значення «Балка Різана» та об'єкту природно-заповідного фонду – Ботанічного заказнику місцевого значення «Цілинні припльові смуги» робили цю територію зоною з обмеженим використанням земель. На сьогодні практично усі ці об'єкти ПЗФ зруйновані. Оскільки екосистемні послуги мають значний соціальний аспект [12], втрата землеробства зробить цю територію безлюдною. Саме тому, можливо саме розробка Гуляйпільського родовища створить умови для відновлення соціалізації території з огляду на створення нових робочих місць, щ, насамперед, підвищить економічний потенціал регіону.

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

Наприклад, в деяких країнах досліджують можливість використання альтернативних джерел енергії, таких як вітер, сонце, та гідроелектростанції, для розробки руд заліза. Це може допомогти зменшити вплив на довкілля та більш сталий розвиток галузі. Яскравий приклад – застосування монокар'єрів (покріті резиною) у залізрудних кар'єрах в Швеції, що допомагають запобігти забрудненню питної води та зменшити ерозію ґрунтів. Одним із прикладів використання біологічно очищеної води є родовище в Канаді, де ефективно відновлюється природне середовище після діяльності кар'єрів. В Німеччині практикують використання технології відновлення після гірничодобувної діяльності. На прикладі родовища залізної руди в Гайльсдорфі, що знаходиться південніше Берліна, після добування відбувається відновлення ландшафту та реконструкція зруйнованих територій. У США існують проекти, спрямовані на використання ефективніших і екологічно чистих технологій розробки залізної руди. Наприклад, компанія Cliffs Natural Resources здійснює дослідження з використання гідрометалургійних методів для видобутку залізної руди, що дозволяє зменшити використання розчинників та оптимізувати процеси відновлення. У Канаді зустрічаються проекти з використання екологічно чистих технологій в родовищах залізних руд. Наприклад, одне з родовищ у провінції Квебек, що належить компанії ArcelorMittal, використовує біологічно очищену воду та має системи відновлення рельєфу для збереження природного середовища.

Такі приклади демонструють, що існують альтернативи традиційним технологіям, які можуть зменшити негативний вплив на довкілля та сприяти більш сталому розвитку родовищ руд заліза.

Інше питання, це прогнозування наслідків впливу кар'єрного видобутку заліза на довкілля, яке зазвичай проводиться за допомогою різних методів та програмних засобів. Перший – це моделювання та симуляція, тобто використання комп'ютерних моделей та симуляційних програм, що дозволяє прогнозувати можливий вплив. Ці моделі повинні враховувати наступні фактори: рухи ґрунту, водний потік, взаємодію з твердими речовинами тощо. З їх допомогою можна визначити зміни в якості води, повітря, стану ґрунтів, тощо.

Другий – це екологічні аудити, що використовуються для оцінки і контролю впливу видобутку на довкілля. Вони включають збір та аналіз даних про якість повітря, ґрунту та води. Сертифіковані екологи проводять дослідження, складають звіти та рекомендації щодо зниження негативного впливу видобутку на довкілля.

Наступний – це моніторинг, згідно якого на постійній основі здійснюються спостереження різних показників якості навколишнього середовища, таких як рівень шуму, концентрація шкідливих речовин, забруднення водних джерел тощо. Це дозволяє відстежувати зміни впливу на довкілля та при необхідності ухвалювати заходи для запобігання забрудненню та зменшення впливу.

Особливу увагу треба приділити оцінкам ризиків. Методи оцінки ризиків впливу видобутку залізних руд на довкілля можуть включати різні підходи та інструменти для оцінки потенційних загроз та визначення їх наслідків. Ось кілька методів, що застосовуються у цій області:

1. Екологічна оцінка: Цей підхід включає оцінку впливу видобутку залізних руд на різні компоненти довкілля, такі як повітря, вода, ґрунти, рослини та тварини. Враховуються фактори, такі як розмір та інтенсивність гірничої діяльності, способи видалення та оброблення руди, рівень відходів та забруднення, а також здатність екосистеми до самовідновлення. Екологічна оцінка може визначити потенційні ризики та запропонувати конкретні заходи для зменшення негативного впливу.

2. Життєцикловий аналіз: Цей метод дозволяє оцінити повний життєвий цикл видобутку залізних руд, включаючи етапи добування, транспортування, обробки та відновлення. Враховуються різні аспекти, такі як використання ресурсів, енергозатрати, викиди забруднюючих речовин, управління відходами та ефективність процесів. Це дозволяє виявити основні етапи, які можуть мати негативний вплив на довкілля, та знайти шляхи для їх удосконалення.

3. Ризик-орієнтоване управління: Цей підхід передбачає ідентифікацію потенційних ризиків у діяльності з видобутку залізних руд та розробку

стратегій управління, щоб зменшити ці ризики до прийнятних рівнів. Це може включати впровадження високих стандартів безпеки та екологічного управління, встановлення ефективних систем моніторингу та контролю, розробку планів надзвичайних ситуацій та навчання персоналу.

4. Моделювання ризиків: Цей підхід використовує комп'ютерні моделі для прогнозування та оцінки впливу видобутку залізних руд на довкілля. Моделі дозволяють аналізувати різні сценарії та умови, включаючи розробку альтернативних варіантів технологій, визначення потенційних зон впливу та розрахунок ризиків забруднення.

Такі методи можуть застосовуватися окремо або в поєднанні один з одним, залежно від конкретних потреб і умов. Вони дозволяють оцінити ризики та розробити стратегії для зменшення негативного впливу видобутку залізних руд на довкілля.

Нині існує також багато програмних засобів, що додатково допомагають в аналізі та прогнозуванні наслідків впливу на довкілля. Деякі з них включають ERDAS IMAGINE, ArcGIS, ENVI, R, MATLAB тощо. Ці програми дозволяють обробляти та аналізувати великі обсяги даних, створювати моделі та візуалізувати результати для подальшого прогнозування та прийняття рішень.

Проведений в дослідженні аналіз «новітніх технологій екологізації виробництва при розробках руд кар'єрним способом» [13–15] дозволяє надати загальну інформацію про деякі основні напрямки екологічної модернізації в гірничорудній промисловості. Перш за все, це використання біорозкладувальних матеріалів, яке допомагає зменшити відходи від рудних розробок. Це може включати використання біокомпозитів для заміни традиційних будівельних матеріалів. Друге – використання енергоефективних технологій, яке допомагає знизити споживання енергії під час процесу видобутку. Це може вклю-

чати використання енергозберігаючих конструкцій та обладнання, як от електромобілі, сонячні панелі та енергозберігаюче освітлення. Третє – використання вторинних ресурсів, такі як відходи виробництва або ретельно перероблені матеріали, для заміни первинних матеріалів. Це допомагає позбутися відходів та зменшити потенційний негативний вплив на довкілля. Наступний спосіб – використання сучасних методів очищення, які дозволяють знизити кількість токсичних речовин та забруднення руди в процесі видобування. Наприклад, застосування фільтрації та хімічних реагентів для видобування руди може зменшити шкідливий вплив на водне середовище. Останній – впровадження систем управління екологічною безпекою для забезпечення дотримання норм та стандартів щодо охорони навколишнього середовища. Це допомагає забезпечити ефективне використання ресурсів та запобігти надмірному забрудненню.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Гуляйпільське родовище залізних руд є важливою локацією для отримання корисної копалини в майбутньому України. Видобуток залізних руд у Гуляйпільському родовищі можливий лише відкритим способом шляхом розробки кар'єрів та розкопування рудних покладів. Такий підхід безперечно пов'язаний з впливом на довкілля. В рамках екологічного управління та забезпечення сталого розвитку важливо використовувати методи оцінки ризиків та використовувати ефективні технології для зменшення негативного впливу видобутку залізних руд на довкілля. Це може включати впровадження системи моніторингу, розробку планів зменшення викидів та оптимізацію процесів переробки. Збалансований підхід до видобутку залізних руд у Гуляйпільському родовищі може забезпечити ефективний розвиток гірничої галузі, зберегти довкілля та забезпечити стабільне постачання залізних руд на металургійні підприємства.

### Література

1. Бітюцька Л.М., Остафійчук Н.М. Огляд світової практики з архітектурно-планувальної організації рекреаційних просторів на територіях порушених гірничими виробками. *Матеріали Всеукраїнської наукової on-line конференції «Сучасні проблеми екології» ДУ «Житомирська політехніка»*, 2023. 228 с. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/hirnytstvo.pdf>
2. Портал даних видобувної галузі України. Розвідка та видобування. Руди заліза. URL: <https://www.eiti.gov.ua/resursirozvidka-ta-vidobuvannya/rudi-zaliza/> (дата звернення 9.08.23).
3. Дніпропетровське інвестиційне агентство. Обласна державна адміністрація. URL: <https://dia.dp.gov.ua/kzrk-u-sichni-2023-roku-zbilshiv-vidobutok-aglorudi-na-47-m-m/> (дата звернення 9.08.23).
4. Кухарик В.В. статистичні дослідження світового ринку залізної руди. *Економіка та суспільство*. 2022. № 39. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-22>
5. Міжнародна рада з гірничодобувної промисловості та металургії (ICMM). Stakeholder Newsletter: April 2023. URL: <https://www.icmm.com/en-gb/news/2023/newsletter-april> (дата звернення 15.08.23).
6. Кочанов Е.Н., Крылов А.Н. Отчет о детальной разведке Западного крыла Гуляйпольского месторождения железистых кварцитов, 1981–1985 гг. Кн. 1–3. Белозерская ГРЭ, об-ние Южургеология, 1985. 707 с.
7. Офіційний сайт Державної служби геології та надр України. Гуляйпільське родовище. URL: <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/%D0%93%D1%83%D0%BB%D1%8F%D0%B9%D0%BF%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B5-1.pdf> (дата звернення 5.09.23).
8. Рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави» від 16 липня 2021 року. № 306/2021. Введений в дію 27.07.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0046525-21#Text> (дата звернення 5.08.23).

9. Даценко Л.М. Молодиченко В.В., Непша О.В. Північно-Західне Приазов'я: геологія, геоморфологія, геолого-геоморфологічні процеси, геоекологічний стан. Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. С. 128–145.
10. Моніторинг геологічного середовища території Запорізької області. Укр. територіальний геол. фонд. № 60398. Бердянськ: Бердянська ПГП КП «Південукргеологія». Кн. 1. Текст. 2006. 114 с.
11. Улицький О.А., Д'яченко Н.О., Савлунинський О.М, Гайовий О.В. Оцінка потенційного впливу промислового видобутку залізистих кварцитів Гульпільського родовища на довкілля. *Гірнича геологія та геоекологія*, 2021. № 2 (3). С. 43–64.
12. Peter Morris, Riki Therivel, Riki Therivel, Graham Wood. *Methods of Environmental and Social Impact Assessment*, 4th Edition, 2017. Pub. Location New York. 740 p. <https://doi.org/10.4324/9781315626932>
13. Chang J., Hu T., Liu X., Ren X.. Construction of green infrastructure in coal-resource based city: a case study in Xuzhou urban area. *Int J Coal Sci Technol*, 2018. № 5(1). P. 92–104, <https://doi.org/10.1007/s40789-018-0191-8>,
14. Lèbre Glen É., Corder D., Golev A. Sustainable practices in the management of mining waste: A focus on the mineral resource. *Minerals Engineering*, 2017. V. 107. P. 34–42.
15. Karlheinz Spitz, John Trudinger. *Mining and the environment: from ore to metal*. 2<sup>nd</sup> edition. CRC Press: London, 2019. 812 p. <https://doi.org/10.1201/9781351183666>