

ВПЛИВ ЛІТОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ РОЗКРИВНИХ ПОРІД НА РОЗРОБКУ БІЛАНІВСЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО РОДОВИЩА

М. Ю. Саакян

аспірант

Державна наукова установа «Центр проблем морської геології, геоecології та осадового рудоутворення НАН України», 01054, м. Київ, вул. Олесь Гончара, 55 б

У статті розглянуто значення літологічного аналізу при плануванні та веденні відкритих гірничих робіт на Біланівському залізорудному родовищі. Приведено характеристику розкривних товщ, проаналізовано їх фізико-механічні властивості та поведінку в умовах гірничого навантаження. Встановлено вплив літологічної будови на конфігурацію кар'єру, розміщення відвалів, а також на заходи з екологічної безпеки. Дослідження базується на польових роботах, лабораторних випробуваннях та математичному моделюванні, що дозволило запропонувати рекомендації для оптимізації гірничої розробки.

Ключові слова: літологія, розкривні породи, Біланівське родовище, залізні руди, геотехнічна оцінка.

INFLUENCE OF LITHOLOGICAL ANALYSIS OF OVERBURDEN ROCKS ON THE DEVELOPMENT OF THE BILANIVSKE IRON ORE DEPOSIT

M. Yu. Saakyan

PhD student

State Scientific Institution “Center for Problems of Marine Geology, Geoecology and Sedimentary Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine”,
01054, Kyiv, Olesia Honchara str., 55 b

This article examines the importance of lithological analysis in planning and conducting open-pit mining operations at the Bilanivske iron ore deposit. The characteristics of overburden strata are presented, their physical-mechanical properties and behavior under mining loads are analyzed. The influence of lithological structure on quarry configuration, dump placement, and environmental safety measures is established. The study is based on field work, laboratory tests, and mathematical modeling, which enabled the development of recommendations for optimizing mining development.

Keywords: lithology, overburden rocks, Bilanivske deposit, iron ores, geotechnical assessment.

Вступ

У контексті сучасного гірничого виробництва актуальним є удосконалення методів прогнозування гірничо-геологічних умов для забезпечення безпеки та економічної ефективності видобутку корисних копалин. Одним із ключових елементів такого прогнозування є літологічний аналіз розкривних товщ [1]. Саме цей аспект часто недооцінюється при проектуванні, однак на практиці він впливає на кожен етап розробки — від буро-вибухових робіт до рекультивації порушених земель [8].

Біланівське родовище, розташоване в Полтавській області України, є одним з найбільших запасів залізних руд у Європі. Воно входить до складу Кременчуцького залізорудного району і характеризується складною геологічною будовою [3]. Обсяг розкривних робіт оцінюється в десятки мільйонів м³, тому помилки в оцінці фізичних властивостей порід призводять до значних втрат, включаючи аварійні ситуації, такі як зсуви чи обвали, а також екологічні проблеми, як забруднення ґрунтових вод [5].

Метою дослідження є комплексний аналіз літологічних особливостей розкривних порід Біланівського родовища та оцінка їх впливу на параметри гірничої розробки. Завдання включають: характеристики основних літотипів, оцінку фізико-механічних властивостей, моделювання стабільності схилів та розробку практичних рекомендацій. Актуальність теми підкреслюється глобальними тенденціями до стійкого розвитку гірничої промисловості, де геоекологічні аспекти відіграють ключову роль (згідно з рекомендаціями Міжнародної гірничої асоціації) [5].

Геолого-структурна будова родовища

Родовищний масив розташований у центральній частині Українського щита, в межах Кременчуцької тектонічної зони. Рудні тіла представлені масивами магнетитових кварцитів нижнього протерозою, які залягають серед метаморфічного комплексу — гнейсів, амфіболітів, біотитових сланців. Ці породи утворилися в архейську еру та зазнали інтенсивних метаморфічних перетворень, що призвело до їхньої високої міцності [5].

Над рудоносними товщами залягає розкривна товща, представлена переважно осадовими породами мезо-кайнозойського періоду:

- Крейдяна система: мергелі, пісковики, вапняки з потужністю 20–40 м;
- Третинна система: глини, суглинки, піски потужністю до 50 м;
- Четвертинна система: алювіальні, елювіальні відклади, делювій з потужністю 10–30 м.

Сукупна потужність розкривних порід становить 70–120 м залежно від морфології рудного тіла. Геоструктурні особливості включають тектонічні розломи, які впливають на гідрогеологічний режим, сприяючи локальним зонам водонасичення [6].

Методика дослідження

В основу дослідження покладено комплексний підхід, що поєднує польові, лабораторні та аналітичні методи:

- Польове літологічне картування: проведено на східній та південній частинах родовища з використанням GPS-картографії для фіксації меж літотипів;
- Аналіз кернових матеріалів: вивчено зразки з 6 свердловин глибиною 100–150 м, з фокусом на стратиграфію та петрографічний опис;
- Лабораторні випробування: у геомеханічній лабораторії визначено вологість (за ГОСТ 5180-84), щільність (за ДСТУ Б В.2.7-71), пластичність (індекс пластичності за Атербергом), кут внутрішнього тертя та зчеплення (за методом триаксіального стиску). Всього проаналізовано 45 зразків;

- Математичне моделювання: поведінка схилів моделювалася за методикою Фелленіуса в програмному забезпеченні GeoStudio, з урахуванням коефіцієнтів безпеки ($FS > 1.3$ для стійких схилів);

- Архівні дані: залучено геолого-експлуатаційні звіти ПАТ "Полтавський ГЗК" (з 2010–2020 рр.) та матеріали інженерно-геологічних зйомок.

Дані оброблено статистичними методами (середнє значення, стандартне відхилення) для оцінки варіабельності властивостей.

Результати: Характеристика розкривних порід

Розкривні породи Біланівського родовища демонструють значну неоднорідність, що впливає на їхню геотехнічну поведінку.

1. Глинисті породи: Потужні товщі пластичних глин (індекс пластичності 15–25) зустрічаються в північній та центральній частинах кар'єру. Вони мають високу водоємність (до 28%), низьку проникність (10^{-7} м/с), а при зволоженні зчеплення знижується з 38 до 15 кПа. Ці породи схильні до повзучості на уступах вище 18 м, з ризиком зсувів (коефіцієнт стабільності $FS = 1.1–1.4$).

2. Піски: Піски четвертинного та неогенового віку є пухкими, незцементованими, з високою проникністю (до 10^{-3} м/с). Вони створюють небезпеку під час весняного водонасичення — обвалення уступів та зсуви. Щільність у сухому стані 1.6–1.8 г/см³, кут тертя 28–32°.

3. Пісковики та мергелі: Ці породи мають середню тріщинуватість (індекс RQD 60–80%), добре піддаються буро-вибуховому руйнуванню. В зонах контакту з глинами утворюються капілярні бар'єри, що підвищує рівень ґрунтових вод на 2–5 м.

Літотип	Щільність (г/см ³)	Вологість (%)	Зчеплення (кПа)	Кут тертя (°)	Проникність (м/с)
---------	--------------------------------	---------------	-----------------	---------------	-------------------

-----	-----	-----	-----	-----	-----
-------	-------	-------	-------	-------	-------

Глини	1.9 ± 0.2	25 ± 3	25 ± 10	20 ± 5	10 ⁻⁷
-------	-----------	--------	---------	--------	------------------

Піски	1.7 ± 0.1	15 ± 2	5 ± 2	30 ± 3	10 ⁻³
-------	-----------	--------	-------	--------	------------------

Пісковики	2.2 ± 0.3	10 ± 1	50 ± 15	40 ± 5	10 ⁻⁵
-----------	-----------	--------	---------	--------	------------------

Обговорення отриманих результатів: Вплив літологічної неоднорідності на розробку родовища

Літологічна неоднорідність безпосередньо впливає на ключові аспекти гірничої розробки [5]:

1. Розрахунок параметрів уступів: Проведено зонування території, після чого розраховано оптимальні параметри бортів: у глинах — уступ 12 м, кут укосу 35° ($FS=1.5$); у пісковиках — уступ 18 м, кут 55° ($FS=1.8$); у пісках — необхідне терасування з горизонтальним дренажем для запобігання ерозії [4].

2. Розміщення внутрішніх відвалів: Породи з різними властивостями вимагають сортування: глини не використовувати як основу для пісків, щоб уникнути просідань (моделювання показало ризик зсуву до 20% без дренажу) [7].

3. Екологічні ризики: Глинисті товщі ускладнюють інфільтрацію, сприяють застою вод, що призводить до заболочування (площа до 5 га). Рекомендовано комбінований дренаж: траншеї глибиною 3 м та вертикальні свердловини [5].

Порівняно з аналогічними родовищами (наприклад, Кривбас), Біланівське вирізняється вищою часткою пластичних глин, що вимагає адаптації технологій.

Практичне значення отриманих результатів

Результати дослідження можна впровадити в проект розробки Біланівського родовища. На їхній основі:

- Переглянути систему водовідведення кар'єру для зменшення ризику зсувів на 30% [6];
- Змінити орієнтацію транспортних шляхів на південно-східному фланзі для уникнення зон високої пластичності;
- Адаптувати технологію складування порід у відвалах із сортуванням за групами стійкості, що підвищить ефективність на 15–20% (за розрахунками моделі) [5].

Ці рекомендації можуть бути застосовані до інших родовищ Українського щита, сприяючи стійкому розвитку галузі [2].

Висновки

1. Розкривні породи Біланівського родовища характеризуються значною літологічною неоднорідністю, що суттєво впливає на стабільність кар'єрних схилів і вимагає диференційованого підходу.

2. Застосування літологічного аналізу дає змогу оптимізувати параметри гірничої розробки та зменшити ризики техногенного впливу, включаючи зсуви та забруднення.

3. Особливої уваги потребують зони розвитку глин середньої та високої пластичності, які схильні до зсувних процесів при зволоженні; рекомендовано посилений моніторинг.

4. Інтеграція результатів літологічного аналізу у проектування дозволяє досягти більшої безпеки, економічної ефективності та екологічної стійкості гірничих робіт.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гніденко Л.В. Основи літології: підручник. Київ: Либідь, 2004. 248 с.
2. ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Основи та фундаменти. Метод випробування ґрунтів. [Чинний від 2009-07-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 22 с.
3. ПАТ "Полтавський ГЗК". Геологічна характеристика [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ferrexpro.com.ua> (дата звернення: 2023).
4. Ткаченко С.М. Інженерна геологія: практикум. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2018. 144 с.
5. Goodman, R.E. Introduction to Rock Mechanics. 2nd ed. New York: Wiley, 1989. 562 p.
6. Hoek, E., Brown, E.T. *Practical Rock Engineering*. — Toronto: Rocscience, 2019. 342 p.
7. International Council on Mining and Metals (ICMM). *Mining and the Environment*. London: ICMM, 2022. 98 p.
8. Kitizig, M.C., Kepic, A., Grant, A. Near real-time classification of iron ore lithology by applying fuzzy inference systems to petrophysical downhole data. *Minerals*. 2018. Vol. 8, No. 7. P. 276.