

6. Остапенко Б.Ф. Типи лісу рівнинної території України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2003. 13.3. С. 27-42.
7. Остапенко Б.Ф., Федець І.П., Пастернак В.П. Типологічна різноманітність лісів України. Зона широколистяних лісів. Харків: Вид-во Харк. держ. аграр. ун-ту. 1998. 127 с.

*Петльований М.В., Сай К.С.,
НТУ «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна,
petlyovanyi1986@gmail.com*

ЗАКЛАДАННЯ ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД

Залізна руда є первинною сировиною для функціонування потужних підприємств гірничо-металургійного комплексу України, видобуток якої здійснюється як відкритим, так і підземним способом [1]. Основні обсяги залізних руд видобуваються відкритим способом у Криворізькому залізорудному басейні, внаслідок чого навколишнє середовище регіону зазнає відчутних втрат, особливо серед природних ландшафтів [2, 3]. Якщо відкриті кар'єрні пустоти після відпрацювання балансових запасів підлягають відновленню шляхом різноманітних рекультиваційних заходів, то ліквідація підземних пустот шахт є проблемним питанням, яке обмежується, здебільшого, економічним фактором. Саме економічний фактор стримує застосування на шахтах технології закладання виробленого простору, яка є ефективним і дієвим заходом збереження довкілля при підземній розробці, значення якої є масштабним та комплексним.

В Україні залізняка підземним способом видобувають близько 15 млн т у Криворізькому (8 рудників) та Білозерському родовищах (1 рудник). У Кривбасі залізні руди вилучаються із застосуванням камерної системи розробки (55%) та підповерховим обваленням (45%) без заповнення виробленого простору закладним матеріалом [4, 5]. Наслідком цього є деформації земної поверхні у формі провальних воронок. Глибина провалів сягає 200 м, а їх площа в районах підземних рудників Кривбасу – понад 3000 га. Негативним явищем є наявність ерозійних процесів схилів і бортів утворених провальних воронок, де під впливом кліматичних факторів порушуються шари цінних родючих ґрунтів. Незаповнені підземні пустоти в надрах сприяють порушенню цілісності геологічного середовища та гідрогеологічного режиму підземних вод [6]. При підземному видобутку на денній поверхні, займаючи цінні земельні площі, утворюються багатотоннажні

промислові відходи – відвали шахтних пустих порід і хвостосховища після процесів збагачення, які у практиці закладних робіт є ефективним закладним матеріалом пустот.

В Україні лише при розробці залізних руд Білозерського родовища ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат» використовує природоохоронну та високоефективну технологію видобутку залізних руд із закладанням пустот твердіючими сумішами [7, 8]. Застосовується такий склад закладної суміші (на 1 м³): мелений доменний гранульований шлак «Запоріжсталь» – 700 кг, вапняк – 300–400 кг, доменний відвальний шлак – 200 кг, відвальна подрібнена гірська порода – 300–400 кг, вода – 350–400 л. Компоненти закладної суміші перемішуються та трубопроводним транспортом доставляються у підземні вироблені пустоти, де відбувається твердіння й формування монолітного штучного масиву. Міцність закладного масиву через 90 днів становить 7–8 МПа. Щорічно для закладання підземних пустот на поверхневому закладному комплексі готується 1,0–1,2 млн м³ закладної суміші. Завдяки застосуванню твердіючого закладання в підземних пустотах щорічно утилізується близько 1,8 млн т промислових відходів, з яких:

- 850 тис. т доменних гранульованих шлаків;
- 330 тис. т відходів флюсового виробництва;
- 220 тис. т доменних відвальних шлаків;
- 350 тис. т відвальних шахтних порід.

Позитивним аспектом зменшення негативного впливу на довкілля є поступова утилізація пустих шахтних порід, що складовані у відвалі ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат», обсяг накопичення яких складає 4,5 млн т. З 2001 року не менше 30% шахтних дроблених пустих порід використовується як інертний заповнювач в складі закладної суміші, що дозволяє зменшувати їх поступове накопичення.

Підсумовуючи досвід відпрацювання запасів багатих залізних руд ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат» можна констатувати, що застосування закладання виробленого простору твердіючими сумішами при розробці запасів залізних руд Білозерського родовища дозволило досягти низьку технологічних та екологічних переваг, а саме:

- запобігти просіданню земної поверхні та забезпечити стійкий стан всього рудного масиву й безпеку гірничих виробок;
- зменшити вертикальні зміщення рудопородного масиву та уповільнити розвиток вторинної тріщинуватості всього масиву;
- зберегти цілісність водоносних горизонтів і обмежити водоприток у гірничі виробки;
- знизити проектні та експлуатаційні втрати, а також збіднення руди, ймовірність обвалення порід лежачого та висячого боків покладу;
- утилізувати промислові техногенні відходи у підземному просторі;
- запобігти накопиченню пустих шахтних порід на земній поверхні;

– підвищити герметичність шахтної вентиляційної мережі.

Екологоорієнтовані підходи щодо видобутку залізних руд повинні ґрунтуватись на проектуванні технологій закладання виробленого простору, що, перш за все, призводить до мінімізації негативного впливу на стан літосфери.

Література

1. Stupnik, M., & Shatokha, V. (2021). History and current state of mining in the Kryvyi Rih iron ore deposit. *Iron Ores*. URL: <https://doi.org/10.5772/intechopen.96120>
2. Gorova, A., Pavlychenko, A., Kulyna, S., & Shkremetko, O. (2015). Environmental aspects of waste management on coal mining enterprises. *New Developments in Mining Engineering*, 179-184. URL: <https://doi.org/10.1201/b19901-33>
3. Казаков, В.Л., Калініченко, О.О., & Коцюрuba, В.В. (2012). Геоecологiчна характеристика Криворіжжя. *Фізична географія Криворіжжя*, 244-261.
4. Ступник, Н.И., & Письменный, С.В. (2012). Перспективные технологические варианты дальнейшей отработки железорудных месторождений системами с массовым обрушением руды. *Вісник Криворізького Національного Університету*, (30), 3-6.
5. Pysmennyi, S., Fedko, M., Shvaher, N., & Chukharev, S. (2020). Mining of rich iron ore deposits of complex structure under the conditions of rock pressure development. *E3S Web of Conferences*, (201), 01022. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101022>
6. Petlovanyi, M., Malashkevych, D., Sai, K., & Zubko, S. (2020). Research into balance of rocks and underground cavities formation in the coal mine flowsheet when mining thin seams. *Mining of Mineral Deposits*, 14(4), 66-81. URL: <https://doi.org/10.33271/mining14.04.066>
7. Кузьменко, А.М., & Петлеваный, М.В. (2014). Влияние структуры горного массива и порядка отработки камерных запасов на разубоживание руды. *Геотехнічна механіка*, (118), 37-45.
8. Petlovanyi, M., & Filonenko, O. (2019). Problematic aspects and ways to increase the level of metallurgical slags disposal. In *Proceedings of the International Scientific Conference Scientific Development of New Eastern Europe*. pp. 55-60. Riga, Latvia: Baltija Publishing. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-13-6-17>
9. Kuzmenko, O.M., & Petlovanyi, M.V. (2015). Substantiation the expediency of fine gridding of cementing material during backfill works. *Mining of Mineral Deposits*, 9(2), 183-190. URL: <https://doi.org/10.15407/mining09.02.183>
10. Кузьменко, А.М., Петлєваный, М.В., & Усатый, В.Ю. (2010). Влияние тонкоизмельченных фракций шлака на прочностные свойства твердеющей закладки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Школа підземної розробки». Дніпропетровськ, Україна: НГУ. С. 383-386.