

УДК 622.273.217.4

**Петлёваний М.В.** (Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина)

**Зубко С.А.** (ПІИ «Запорожский железорудный комбинат», г. Днепрорудное, Украина)

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНЫ

Черная металлургия является ведущей отраслью экономики страны и в составе горно-металлургического комплекса (ГМК) обеспечивает значительные валютные поступления от экспорта продукции. Первичным сырьем в функционировании ГМК является сырая железная руда, добыча которой осуществляется как подземным, так и открытым способами [1]. В Украине железные руды подземным способом добывают около 15 млн т в Криворожском (8 рудников) и Белозерском месторождениях (1 рудник). В Кривбассе железные руды извлекаются с применением камерной системы разработки (55%) и подэтажным обрушением (45%) [2], а в условиях Белозерского месторождения камерная система разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства (100%) [3, 4].

Извлечение рудных запасов в Кривбассе по существующей технологии не предусматривает заполнения выработанного пространства, вследствие чего подземные пустоты способствуют сдвигению массива горных пород, а на поверхности формируются воронки проседания, охватывающие значительные площади. Объем образованных непогашенных пустот по разным оценкам составляет более 30 млн м<sup>3</sup>, в результате чего под угрозой проседания и обрушений земной поверхности находятся гражданские и промышленные объекты и даже села. Вследствие сдвигения массива горных пород нарушается гидрологический режим подземных вод, усложняется ведение горных работ на глубоких горизонтах, ухудшаются условия проветривания рудника из-за утечек.

В результате технологического цикла добычи руды с твердеющей закладкой при освоении богатых железных руд Белозерского месторождения (Запорожский железорудный комбинат (ЗЖРК) полностью предотвращено проседание земной поверхности, а в условиях шахт Криворожского региона, работающих без закладки (на примере ш. Гвардейская), наблюдаются многочисленные нарушения земной поверхности, вызванные образованием подземных пустот и, как следствие, воронок проседания, что проиллюстрировано на рис. 1.

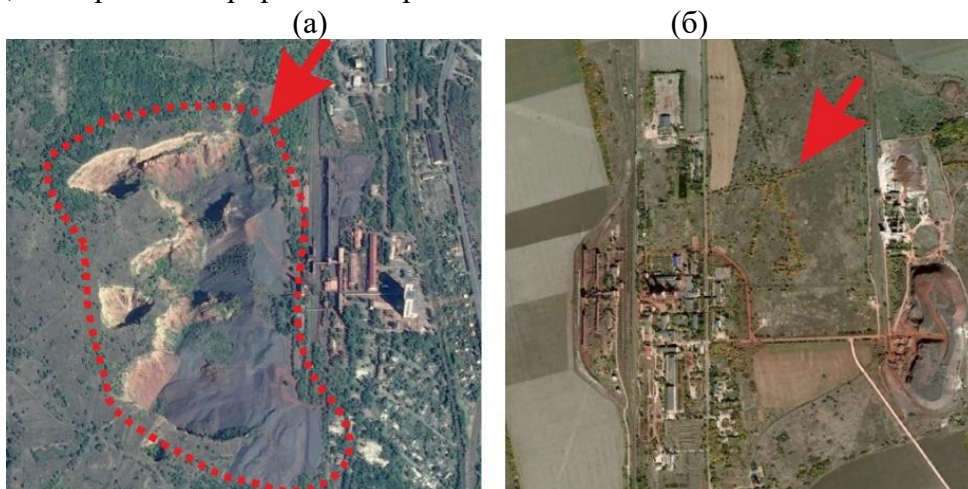


Рисунок 1. Состояние земной поверхности в пределах горного отвода железорудных шахт: (а) добыча руды без закладки (ш. Гвардейская, Кривбасс); (б) добыча руды с твердеющей закладкой (ЗЖРК, Белозерское месторождение)

В составе закладочных смесей утилизируются крупные объемы металлургических шлаков и отвальных пород, которые в результате физико-химической реакции образуют в подземном пространстве прочный монолитный массив [5, 6]. Внедрение системы разработки с твердеющей закладкой позволило достичь при разработке Белозерского месторождения более качественных показателей извлечения, чем при разработке железных руд Криворожья без закладки. Показатели потерь и разубоживания руды меньше в 2–2,3 раза [2, 7]. Учитывая опыт отработки Белозерского месторождения с закладкой, значительные запасы железных руд, залегающих под Криворожской агломерацией, и существенные объемы накопления промышленных отходов, представляется актуальным проведение научных исследований в области возможного применения различных видов закладки выработанного пространства в Криворожском регионе [8].

Таким образом, применение закладки выработанного пространства твердеющими смесями при разработке запасов железных руд Белозерского месторождения позволило достичь ряд технологических и экологических преимуществ, а именно:

- предотвратить проседания земной поверхности и обеспечить устойчивое состояние всего рудного массива и безопасность горных выработок;
- уменьшить вертикальные смещения рудопородного массива и замедлить развитие вторичной трещиноватости всего массива;
- сохранить целостность водоносных горизонтов и ограничить водоприток в горные выработки;
- снизить проектные и эксплуатационные потери, а также и разубоживание руды, вероятность обрушений пород лежачего и висячего бока залежи;
- утилизировать промышленные техногенные отходы в подземном пространстве;
- повысить герметичность шахтной вентиляционной сети.

#### Перечень ссылок

1. 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.
2. Четверик, М.С. (2012). Перспективные направления добычи руд в глубоких карьерах и шахтах Кривбасса. *Геотехнічна Механіка*, (104), 51-60.
3. Кузьменко, А.М., Петлёваный, М.В., & Усатый, В.Ю. (2015). *Твердеющая закладка при отработке рудных крутых залежей в сложных горно-геологических условиях*. Днепропетровск: Национальный горный университет.
4. Chistyakov, E., Ruskh, V., & Zubko, S. (2012). Investigation of the Geomechanical Processes while Mining Thick Ore Deposits by Room Systems with Backfill of Worked-Out Area. *Geomechanical Processes During Underground Mining – Proceedings of the School of Underground Mining*, 127-132. <https://doi.org/10.1201/b13157-23>
5. Петлёваный, М.В. (2010). Рациональное использование материалов при производстве закладочных работ на рудниках. *Геотехнічна Механіка*, (89), 131-140.
6. Петлёваный, М.В. (2012). Управление структурой твердеющей закладки при подземной добыче железных руд. *Горный Вестник*, 1(95-1), 198-202.
7. Кузьменко, А.М., & Петлёваный, М.В. (2014). Влияние структуры горного массива и порядка отработки камерных запасов на разубоживание руды. *Геотехнічна Механіка*, (118), 37-45.
8. Кузьменко, А.М., & Петлёваный, М.В. (2013). Состояние и перспективы развития закладочных работ на подземных рудниках Украины. *Геотехнічна Механіка*, (110), 89-97.