

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУВАННЯ ЗАЛІЗНИХ РУД З ОХОРОННИХ ЦІЛИКІВ

О.Є. Хоменко, М.М. Кононенко, Д.В. Мальцев – НГУ, Україна

Стаття присвячена питанням обґрунтування раціональних параметрів технології гірничих робіт в охоронних ціликах для конкретних геотехнічних умов Криворізького басейну. В результаті теоретичних, лабораторних і промислових досліджень запропоновані технологічні особливості для підготовчих і очисних робіт в охоронних ціликах, які враховують вплив виробленого простору шахти. Запропоновані технологічні рішення раціоналізації проведення підготовчих виробок та параметрів конструктивних елементів блоків впроваджені при видобуванні залізної руди з охоронного цілика на шахті ім. Леніна ВАТ «КЗРК».

Підтримання промислових потужностей шахт Криворізького басейну в умовах зниження обсягів розкриття можливо за рахунок залучення до розробки запасів руд, законсервованих в охоронних ціликах промислових та господарчих об'єктів. 74% з них вже є розкритими і знаходяться вище фронту очисних робіт шахт, де інтенсивно проявляється вплив виробленого простору шахти (далі ВП). Нині в охоронних ціликах сконцентровано близько 26% запасів Кривбасу, що становить близько 164 млн. тонн багатих залізних руд.

Запаси залізних руд на шахтах Криворізького басейну видобуваються переважно з застосуванням камерних систем розробки, які обумовлюють утворення очисного, а потім і ВП. Суттєвим результатом з оцінки напружено-деформованого стану масиву гірських порід, управління гірським тиском, особливостей проведення гірничих робіт поблизу очисного та ВП приділено достатньо уваги у роботах П.А. Абашина, С.Г. Борисенка, Ю.П. Капленка, В.М. Кучера, В.Ф. Лавриненка, Г.М. Малахова, О.Г. Недельського, І.Д. Рівкіна, Г.Т. Фаустова, М.Б. Федька, В.В. Цариковського та інших. Більшість дослідників враховували вплив ВП на технологічні параметри камерних систем розробки. Однак, відсутність комплексного дослідження впливу ВП на масив гірських порід не дозволила врахувати нових геотехнологічних умов, які склалися у Кривбасі при видобуванні залізних руд з охоронних ціликів.

Параметри камерних систем розробки, які визначають у Криворізькому басейні за інструкціями Державного науково-дослідного гірничорудного інституту (ДНДГРІ, м. Кривий Ріг), не враховують особливостей поведінки масиву гірських порід при розробці запасів вище фронту очисних робіт шахти. Окрім цього, не створена технологія кріплення підготовчих виробок, параметри якої враховували б вплив ВП шахти.

Таким чином, вибір доцільного способу кріплення підготовчих виробок і визначення параметрів камерних систем розробки без достатнього наукового обґрунтування призводить до підвищення собівартості видобування руди, зниження безпеки гірничих робіт, а також темпів розробки запасів охоронних ціликів. Отже, створення технології видобування залізних руд з охоронних ціликів Криворізького басейну, які знаходяться під впливом ВП шахт, є необхідною умовою на сучасному етапі функціонування гірничо-металургійного комплексу України.

Метою роботи постало врахування параметрами камерних систем розробки ефекту зниження гірського тиску у охоронному цілику за рахунок зміни напружено-деформованого стану масиву, зумовленого впливом виробленого простору шахти. Для досягнення поставленої мети сформульовані та успішно вирішені наступні задачі:

1. Установити закономірності геомеханічних процесів, які відбуваються у масиві зони розвантаження напружень ВП шахти за допомогою теоретичних, лабораторних і промислових досліджень.

2. Обґрунтувати технологічні параметри проведення підготовчих виробок у ділянках охоронних ціликів, які розвантажені ВП.

3. Обґрунтувати параметри конструктивних елементів камерних систем розробки для розвантажених ВП ділянок охоронних ціликів.

4. Визначити ефективність впровадження технологічних рішень щодо видобування руди з охоронних ціликів на шахтах Криворізького басейну.

Для вирішення поставлених задач був використаний комплексний метод дослідження, що включає аналіз наукових і проектно-технічних джерел з питань залягання та розробки крутих зближених покладів, а також аналітичне та фізичне моделювання і натурна апробація. Аналітичні дослідження виконані за допомогою термодинамічного методу, лабораторні – методом еквівалентних матеріалів. Результати досліджень були перевірені промисловими експериментами в умовах діючої шахти Кривбасу.

Для аналітичного моделювання поведінки масиву охоронного цілика під впливом ВП нами доповнена і використана існуюча методика моделювання геодинамічних процесів у масиві зони розвантаження напружень, яка утворюється навколо різнотипних ВП. Дослідження геодинамічних процесів у розвантаженому ВП масиві виконували за поширенням ізолій радіальних напружень σ_r . Графічні залежності напружень σ_r для основних ділянок концентрації в масиві зони розвантаження ВП і аналітичні залежності багатокількісної апроксимації визначалися за допомогою програми Microsoft Excel 2000 [1].

Дослідження поведінки масиву охоронного цілика в зоні розвантаження напружень отримали при зміні глибини розповсюдження ВП H від 0 до 1500 м, просторового орієнтування ВП α від 40 до 90° і об'ємної маси порід γ від 0,2 до 0,4 МН/м³ [2, 3]. Аналітичні залежності визначені для ділянок концентрації напружень з метою їх подальшого використання в інженерних розрахунках [4].

В залежностях багатокількісної апроксимації передбачається певна похибка, а результати розрахунків мають розбіжність у вихідних даних відповідно до достовірності апроксимації R . Цей факт обумовив необхідність перевірки отриманих результатів за допомогою фізичного моделювання.

Для фізичного моделювання деформації масиву охоронного цілика під впливом ВП нами розроблена модель фізичного моделювання процесів деформування еквівалентного матеріалу в зоні розвантаження напружень, яка поширена навколо «сліпого» ВП. Методика моделювання включала добір і приготування еквівалентного матеріалу, формування та навантаження моделі і проведення експериментів [5].

Лабораторні дослідження проведені на спеціальній установці моделювання гірського тиску шляхом інструментальних вимірів величини деформації еквівалентного матеріалу навколо ВП. Для цього у масиві еквівалентного матеріалу утворювали порожнину, яка імітувала ВП. Отримані результати деформації масиву при моделюванні глибини розповсюдження ВП довели, що на 100 Н зовнішнього навантаження руйнуюча деформація зростає на 20 мм у масиві висячого та лежачого боків. У висячому боці процес деформування поширювався у вигляді відшарування і обвалення – у лежачому боці у вигляді розширення і розтріскування.

Заміри величин деформації масиву при зміні кута розповсюдження ВП довели, що вертикальні деформації перевищують горизонтальні. Утворення в моделі вертикальної порожнини сприяло інтенсивній деформації боків ВП, а при утворенні похилої порожнини, деформації розвивались у вертикальній площині.

Розбіжність величини руйнуючої деформації, яку отримано за допомогою фізичного моделювання при порівнянні її з даними аналітичного моделювання, не перевищила 18%. Порівняння результатів моделювання з даними інших дослідників та результатами виробничої діяльності шахт Криворізького басейну показали також задовільну розбіжність отриманих результатів.

Технологія проведення гірничих робіт у охоронних ціликах на шахтах Криворізького басейну містить технологічні рішення щодо удосконалення проведення підготовчих та очисних робіт у охоронних ціликах та дана економічна оцінка запропонованим заходам. Визначення траси закладення та способу кріплення підготовчих виробок у охоронних ціликах було здійснено на основі встановлених закономірностей аналітичного моделювання і параметрів спорудження виробок у Криворізькому басейні. Дослідження напружено-деформованого стану порід покрівлі підготовчих виробок дало можливість створити методику визначення техно-

логічних параметрів проведення підготовчих робіт у охоронних ціликах. Загальна методика визначення раціонального типу кріплення підготовчих виробок і перевірки доцільності обраної траси її закладення в масиві лежачого боку ВП [6].

Максимальна величина руйнуючої деформації порід покрівлі при проведенні виробки у розвантаженому масиві охоронного цілика з лежачого боку ВП змінюється від 0 до 1,75 м. Це говорить про можливість використання всіх видів кріплення, які широко застосовують у Криворізькому басейні. У не розвантажених ділянках масиву охоронних ціликів руйнування порід покрівлі вище у 2,5 рази. Цим пояснюється необґрунтоване застосування на шахтах більш металомістких кріплень. Взаємозв'язок між величиною руйнуючої деформації в масиві покрівлі і типом кріплення підготовчих виробок ($S = 10,5 \text{ м}^2$) наступний: при $U = 0 - 0,1 \text{ м}$ застосовують набризкобетонне кріплення, при $U = 0,1 - 1,0 \text{ м}$ – анкерне, а при $U > 1,0 \text{ м}$ – аркове.

Результати вибору раціонального типу кріплення довели, що врахування впливу ВП на охоронні цілики дозволяє використовувати аркове кріплення з глибини 1100 м, а не з 610 м, як це поширено на шахтах басейну. Це говорить про можливість ресурсозбереження при проведенні підготовчих виробок у розвантажених ділянках охоронних ціликів на шахтах Кривбасу. Врахування впливу ВП сприяє більш точному розрахунку гірського тиску в охоронних ціликах і дає можливість закладення виробок по новим трасам. В деяких випадках це сприяє вилученню процесу кріплення з технології проведення підготовчих виробок. Так, на шахті ім. Леніна ВАТ «Криворізький залізорудний комбінат» було здійснено закладення однокільного відкаточного штреку на 90 м в сторону оголення масиву ВП, тобто з лежачого боку розробляемого поклада «8П» у висячий. Таке технологічне рішення підвищило безпеку праці прохідників за рахунок вилучення процесу кріплення, зросла швидкість проведення підготовчої виробки на 16% і знизилась собівартість її спорудження на 239 тис. грн, або 796 грн/м [7].

За результатами аналітичного і фізичного моделювання встановлено, що місце проведення гірничих робіт у розвантаженому масиві охоронного цілика визначає рівень його напруженості. В масиві, який розташований вище фронту очисних робіт шахти, зафіксовано як підвищення так і зниження напруженості масиву охоронного цілика. Тобто, проектування і розробка до 74% запасів руд охоронних ціликів потребує застосування офіційно діючих інструкцій з уточненою методикою розрахунку впливу ВП шахти на параметри камерних систем розробки. Для визначення впливу ВП необхідно виконувати перерахунок граничних і еквівалентних прольотів оголення масиву очисною камерою відповідно до зміни коефіцієнта запасу міцності гірських порід n_e у зоні розвантаження напружень. Доповнення до існуючої методики по визначенню розмірів конструктивних елементів камерних систем розробки дозволяє врахувати місце проведення очисних робіт у масиві зони розвантаження напружень ВП шахти.

Результати розрахунків з використанням доповненої інструкції довели можливість зміни параметрів очисних блоків. Так, наприклад, у блоці 150 – 159 в поверсі 1050 – 900 м поклада «8П» на шахти ім. Леніна ВАТ «КЗРК» збільшено розмір очисної камери за підняттям порід на 6 м, за простяганням порід на 4 м, а розміри міжкамерних і міжповерхових ціликів зменшено на 4 м. Економічна ефективність збільшення параметрів у дослідно-промисловому блоці дорівняла близько 360 тис. грн, або 1,5 грн/т.

Коефіцієнт запасу міцності на розтяг n_p , який пов'язаний з радіальними напруженнями σ_p , визначає стійкі розміри оголень руд і порід в очисних камерах. Врахування зміни запасу міцності в масиві дозволяє підвищити розмір очисних камер. Завдяки цьому з блоків поклада «8П» на шахти ім. Леніна видобувають до 17% руди більше, ніж без врахування впливу ВП на технологію очисних робіт [8].

Економічна ефективність запропонованих технологічних заходів по видобуванню руди з охоронних ціликів визначаються в зниженні собівартості підготовчих робіт до 50% і очисних на 2,5% і більше.

Список літератури

1. Хоменко, О. Е. (2002). Моделирование выработанных пространств рудников Криворожского бассейна. *Науковий вісник НГА України*, (3), 54-57.
2. Хоменко, О. (2002). Аналитическое моделирование влияния выработанного пространства на вмещающий массив. *Сб. научных трудов НГА Украины*, (13), 18-21.
3. Хоменко, О. Е. (2002). Влияние пространственного ориентирования выработанного пространства на напряженность вмещающего массива. *Науковий вісник НГА України*, (5), 54-57.
4. Бондаренко, В.И., Колоколов, О.В., Хоменко, О.Е., & Нетеча, М.В. (2004). Перспективы добычи крупноблочного облицовочного и художественно-декоративного сырья в Криворожском железорудном бассейне. In *Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості: міжн. наук.-техн. конф.–Кривий Ріг* (pp. 27-31).
5. Хоменко, О. Е., Русских, В. В., & Кононенко, М. Н. (2004). Моделирование на эквивалентных материалах выработанного пространства рудных шахт. *Науковий вісник НГУ*, (8), 23-25.
6. Хоменко, О. Е. (2002). Определение рациональных мест заложения выработок в зоне влияния выработанного пространства шахты. *Науковий вісник НГА України*, (6), 19-22.
7. Хоменко, О. Е., Кононенко, М., & Мальцев, Д. (2005). Крепление подготовительных выработок вблизи выработанного пространства железорудной шахты. *Науковий вісник НГУ*, (3), 5-7.
8. Хоменко, О. Е., Яворский, В., & Мальцев, Д. (2005). Технология очистных работ в областях охранных целиков, разгруженных выработанным пространством шахты. *Науковий вісник НГУ*, (7), 22-25.