

Б.М. АНДРЕЄВ, д-р техн. наук, проф., Д.В. БРОВКО, д-р техн. наук, доц.,
В.В. ХВОРОСТ, В.В. КОНОНЕНКО, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет
О.В. РОМАНЕНКО, д-р техн. наук, проф.
ПАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат»

РОЗРОБКА ПЕРШОТРАВНЕВОГО РОДОВИЩА В БОРТУ ДІЮЧОГО КАР'ЄРУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСІВ ШАХТИ

Мета. Обґрунтування технології підземної розробки Першотравневого родовища в борту діючого кар'єру та оптимальних конструктивних рішень з урахуванням конкретних умов експлуатації. Аналіз досвіду роботи зарубіжних гірничорудних підприємств з відкритим способом розробки, який свідчить про наявність у світовій практиці стійкої тенденції до доопрацювання ділянок родовищ, що характеризуються сприятливими для відкритих гірничих робіт умовами. Обґрунтування обумовленого переходу рудників до ведення гірських робіт по більш складним технологічним схемам, які передбачають застосування поряд з відкритими гірничими роботами підземного способу видобутку.

Методи дослідження. При вирішенні задач застосовується метод кінцевих елементів, що активно використовується в сучасних програмних комплексах для моделювання розвитку запроєктованих рішень, з урахуванням взаємодій та явищ. Вони відрізняються способами завдання вихідних параметрів та мають свої певні інструменти для їх зміни, коригування та аналізу отриманих результатів.

Наукова новизна. Актуальність даної роботи пов'язана із розв'язанням поставленої задачі. Її результатом є встановлення доцільності вести розробку Першотравневого родовища в структурі системи "кар'єр-шахта".

Практична значимість. Дослідження дають змогу оцінити роботу застосування камерних систем за схемою "камера-цілик", систем розробки з обваленням руди, технології з єдиним відкрито-підземним простором. Математичне моделювання дозволяє всебічно проаналізувати результати та врахувати недоліки системи при подальших дослідженнях.

Результати. Рекомендована принципова технологічна схема комбінованого відкрито-підземного відпрацювання запасів з підземним транспортним комплексом системи "кар'єр-шахта" для умов Першотравневого родовища з урахуванням фактичної геотехнологічної ситуації та аналізу світового досвіду. Дана технологічна схема передбачає застосування камерних систем за схемою "камера-цілик", систем розробки з обваленням руди, технології з єдиним відкрито-підземним простором, високо-продуктивних варіантів випуску руди і концентраційних горизонтів з електровозною відкаткою.

Ключові слова: кар'єр-шахта, відкрито-підземна технологія, рудник, контактна взаємодія, родовище, моделювання.

doi: 10.31721/2306-5435-2021-1-109-3-7

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Враховуючи, що об'єктом розробки шахти "Першотравнева" та Першотравневого кар'єру є одне родовище (зокрема, поклад "Південний"), обидві видобувні одиниці є структурними підрозділами одного підприємства, знаходяться в безпосередній близькості один від одного і мають спільномірні позначки робочих горизонтів, на Першотравневому родовищі сформувалися всі необхідні умови для створення єдиної геотехнологічної системи "кар'єр-шахта".

Розробку родовища в рамках зазначеної геотехнологічної системи слід вести з дотриманням принципів взаємоузгодження основних технологічних операцій і гірничо-транспортного потоків підземних і відкритих гірничих робіт, що дозволить підвищити інтенсивність розробки родовища, підтримати її на стабільному рівні у міру поглиблення кар'єра, а також забезпечити поступовий перехід до розробки запасів за межами кордонів ВГР.

Аналіз досліджень і публікацій. Значний внесок у становлення і розвиток комбінованої геотехнології внесли вчені - гірники: М.І. Агошков, В.В. Ржевський, К.М. Трубецької, Д.Р. Каплунов, П.І. Городецький, Б.П. Юматов, В.А. Щелканов, Б.М. Андрєєв, А.Д. Черних [1-6].

Комбінована відкрито-підземна технологія дозволяє протягом тривалого часу підтримувати виробничі потужності гірничодобувних підприємств. Відсунення в часі початку її впровадження призводить до інтенсивного погіршення геотехнологічної обстановки при подальшому підземному доопрацюванні запасів родовищ [7-9].

Разом з тим, впровадження у виробництво наукових рекомендацій та технологічних рішень відпрацювання запасів за схемою "кар'єр-шахта" дозволило ряду зарубіжних рудників тра-

диційно застосовувати відкритий спосіб розробки, залучити до інтенсивної експлуатації ділянки родовищ, які колись вважалися безперспективними [10].

Послідовність застосування відкритого і підземного способів розробки визначаються з урахуванням необхідної продуктивності підприємства і специфіки родовища. При цьому найбільш характерні два випадки суміщення відкритих і підземних гірничих робіт у часі для доопрацювання запасів родовища після припинення відкритих гірничих робіт і для одночасної з відкритими роботами інтенсивної виїмки запасів всього родовища. Залежно від розміщення в межах родовища шахтного і кар'єрного полів можуть бути виділені три характерні схеми - з суміщенням робіт в одній вертикальній площині (ППР ведуться під кар'єром); з суміщенням робіт в горизонтальній площині (ППР - в борту кар'єра) і схема з частковим суміщенням як у вертикальній, так і горизонтальній площинах [11].

Характерною рисою систем "кар'єр-шахта" є спорудження для розкриття ділянок ППР вертикальних стволів, що видають руду, оснащених швидкохідними автоматизованими підйомними установками, в поєднанні з комплексами похилих і горизонтальних виробок - штолень і спіральних з'їздів, які забезпечують ефективне функціонування самохідної техніки. Досвід показує, що в більшості випадків найбільш ефективно з технічної та організаційної точок зору проходку таких виробок здійснювати з кар'єрного простору.

Постановка завдання. Метою дослідження є обґрунтування технології підземної розробки Першотравневого родовища в борту діючого кар'єру.

Викладення матеріалу та результати. Для наявних умов підземного і комбінованого відкрито-підземного відпрацювання запасів Першотравневого родовища можуть бути розглянуті кілька технологічних схем, що відрізняються способами транспортування і видачі гірської маси на денну поверхню.

Найбільшого поширення у світовій практиці отримали традиційні технологічні рішення з використанням вертикальних рудопідймальних стволів з відповідними поверхневими комплексами, транспортними і інженерними комунікаціями. Як правило, їх застосування при переході від відкритої до відкрито-підземної розробки економічно і організаційно доцільно лише при наявності поблизу кар'єру діючих комплексів шахт [12-14].

Виходячи з фактичного стану підземного і поверхневого комплексів шахти «Першотравнева», які не експлуатувалися протягом тривалого часу, успішне вирішення проблеми розробки Першотравневого родовища можливо за рахунок використання маловитратних технологічних схем в структурі геотехнологічної системи "кар'єр-шахта". Вони передбачають поєднання в різних комбінаціях наступних елементів технології підземного видобутку:

на стадії відпрацювання запасів - використання високопродуктивних систем розробки з обваленням руди і налягаючих порід та технології з єдиним відкрито-підземним простором для доопрацювання запасів під бортами і дном глибоких горизонтів кар'єра;

на стадії доставки і навантаження руди - використання високопродуктивних і безпечних (за рахунок виключення операцій з ліквідації зависань) варіантів випуску з екскаваторним навантаженням руди безпосередньо в транспортні засоби (підземні автосамоскиди) або із застосуванням вантажно-постачальних машин в ланці технологічного ланцюжка випускний отвір - акумулює рудоспуск;

на стадії транспортування руди і видачі її на поверхню - використання концентраційних горизонтів з високопродуктивною електровозною відкаткою від вантажних пунктів під акумулюючий рудоспуск і вертикальний підйом, або самохідної автотранспортної техніки з видачою руди по штольнях відкрито-підземного транспортного комплексу на перевантажувальні склади в кар'єрі.

Під час навантаження рудної маси в підземні автосамоскиди також можливе використання спарених віброустановок. При цьому, як і у варіанті з екскаваторним навантаженням, руда видається по штольні в кар'єр, з перевантажувального складу завантажується кар'єрним екскаватором в великовантажні автосамоскиди або думпкари і далі транспортується по технологічному ланцюжку кар'єра [15, 16].

Створення відкрито-підземного транспортного комплексу в системі "кар'єр-шахта", що включає підземні та поверхневі перевантажувальні (дробильно-перевантажувальні) вузли і, власне, горизонтальні або похилі транспортні виробки дає можливість кар'єру і шахті працювати в режимі єдиної технологічної системи, що дозволяє транспортування гірської маси в пря-

мому і реверсивному режимах, здійснювати доступ самохідного обладнання від поверхневих заправних пунктів і ремонтних баз до ділянок ППР, поліпшити умови провітрювання, підвищити безпеку підземних робіт [17, 18].

Для умов Першотравневого родовища з урахуванням фактичної геотехнологічної ситуації, аналізу світового досвіду та викладених вище принципів рекомендується принципова технологічна схема комбінованого відкрито-підземного відпрацювання запасів з підземним транспортним комплексом системи "кар'єр-шахта", що представлена на рис. 1.

Родовище 1 відпрацьовують спільно з кар'єром 2 і шахтою 3. Кар'єрний простір і ствол шахти об'єднуються виробками підземного транспортного комплексу на концентраційному горизонті 4. Кордон охоронного цілика борта кар'єра 5 відбудовують під кутом 80%.

Запаси руди в межах охоронного цілика 6 відпрацьовують камерними системами 7 з підтримкою очисного простору ціликами 8. Видобуток руди за межами охоронного цілика борта кар'єра ведуть системами з обваленням руди і налягаючих порід 9. Руду з підземних очисних блоків транспортують по концентраційному горизонті 4 і видають через вертикальний ствол.

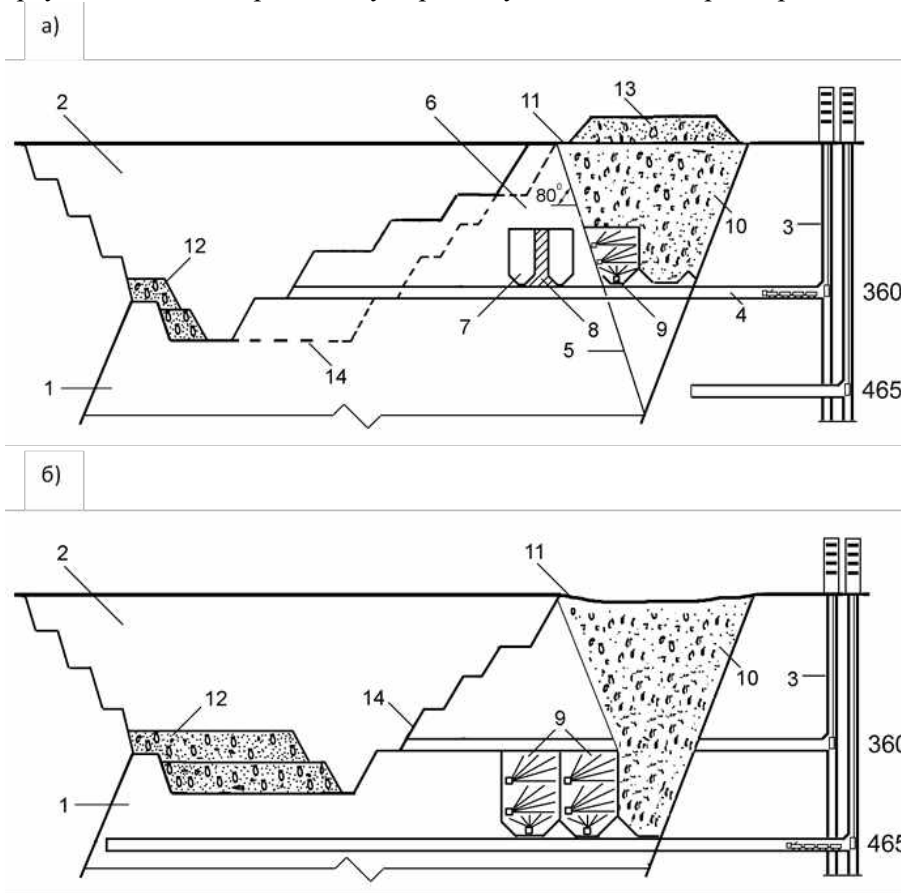


Рис. 1. Принципова технологічна схема комбінованого відкрито-підземного відпрацювання запасів Першотравневого родовища з підземним транспортним комплексом: *а* - стадія видачі руди з ділянок ППР з довантаженням шахтних підйомів розкривними породами кар'єру; *б* - стадія видачі руди з ділянок ППР і відкрито-підземного ярусу (умовні позначення представлені в тексті)

У налягаючих породах за межами охоронного цілика борта кар'єра формується зона обвалення 10, яка має вихід на денну поверхню 11. Розкривні породи кар'єра розподіляють на два вантажопотоки. Один з них спрямований для складування у внутрішній відвал 12 у відпрацьованій частині кар'єру.

Інший вантажопотік розкривних порід прямує через штольню 4 і ствол 3, довантажуючи підйомні можливості шахти, у зовнішній відвал 13, який утворюють безпосередньо над місцем виходу зони обвалення на денну поверхню.

Заскладовані у зовнішній відвал розкривні породи під дією власної ваги заповнюють зону обвалення і вироблений простір системи розробки з обваленням і тим самим запобігають виникненню небезпечних зрушень в охоронному цілику борта кар'єра.

Після досягнення кар'єром граничного контуру 14, запаси родовища під його дном і бортами відпрацьовують системами з обваленням руди з продуктивністю, що дорівнює підйомним можливостям шахти. При цьому на початковій стадії доопрацювання запасів під дном кар'єра на незайнятих внутрішнім відвалом ділянках формується відкрито-підземний ярус. Запаси під внутрішнім відвалом відпрацьовуються з підземного простору з застосуванням спеціальних заходів щодо зниження засмічення руди налягаючими породами.

Межа охоронного цілика борта кар'єра з боку зони обвалення визначена під кутом 80% на підставі аналітичних досліджень стійкості породного масиву, прилегло до заповненої скельними розкритими породами зони обвалення, лабораторних досліджень за процесами зрушення гірських порід на моделях з еквівалентних матеріалів і спостережень в натурних умовах [8, 9].

Встановлено, що на відміну від випадків, коли зона обвалення не заповнюється з поверхні скельними породами і має кут 60%, як це регламентується інструктивними документами [12], за умови заповнення зони обвалення скельними породами, зона обвалення набуває стовпоподібну форму з кутами зрушення 80- 85%. При цьому область активних деформацій в оточуючій зоні обвалення породах має локальний характер, її розмір не перевищує 20-30 м [19].

Висновки та напрямки подальших досліджень. Виходячи зі світового досвіду, розробку Першотравневого родовища доцільно вести з використанням маловитратних технологічних схем в структурі системи "кар'єр-шахта", що передбачає застосування камерних систем за схемою "камера-цілик", систем розробки з обваленням руди, технології з єдиним відкрито-підземним простором, високо-продуктивних варіантів випуску руди і концентраційних горизонтів з електровозною відкаткою. В подальшому необхідно розглянути можливості збільшення частки запасів, які відпрацьовуються системами з обваленням при збереженні стаціонарних транспортних комунікацій кар'єра з застосуванням спеціального режиму формування зони обвалення, що передбачає її заповнення з поверхні скельними розкритими породами.

Список літератури

1. **Агошков М.И., Борисов С.С., Боярский В.А.** Разработка рудных и россыпных месторождений. - Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу, Москва, 1962 г., 680 стр.
2. **Трубецкой К.М.** О совместном вскрытии карьерного и шахтного полей при комбинированной разработке месторождений. ФТПРПИ, 1968, №4, 58-63 с.
3. **Юматов Б.П.** Технологии открытых горных работ при комбинированной разработке рудных месторождений. М., Недра, 1966.
4. **Каплунов Д.Р.** О принципах проектирования комбинированной разработки месторождений при комплексном освоении недр. // Актуальные проблемы освоения месторождений и использования минерального сырья.- М.: МГГУ, 1993. -с.133-147.
5. **Щелканов В.А., Сторчак С.А.** Комбинированная разработка месторождений. – Кривой Рог: КТУ, 1996. – 293 с.
6. **Комплексная разработка рудных месторождений / А.Д. Черных, В.А. Колосов, О.С. Брюховецкий, Л.С. Галецкий, П.Ф. Гожик, В.А. Щелканов, И.Б. Ошмянский, Ю.В. Демидов, Б.Н. Андреев, В.А. Сазонов, А.Г. Секисов, В.Л. Сахновский;** Под ред. А.Д. Черных. – К.: Техніка. 2005. – 376 с.
7. **Сторчак С.А., Щелканов В.А., Андреев Б.Н.** Влияние технологии подземных работ на использование минеральных ресурсов при открыто-подземной разработке месторождений // Комплексное изучение и эксплуатация месторождений полезных ископаемых. – Новочеркасск: НГТУ, 1995. – С. 32 – 37.
8. **Сторчак С.О., Щелканов В.О., Андреев Б.М.** Безпечна технологія розробки запасів під бортом кар'єру системами з масовим обваленням // Охорона праці. – 1995. – № 2. – С. 6 – 8.
9. **Сторчак С.А.** Подземные работы в зоне влияния открытых. – Кривой Рог: АГН Украины-КТУ, 1997. – 256 с.
10. <http://www.infomine.com/minesite/>
11. <http://www.mining-technology.com/projects/>
12. **Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне.** – Л.:ВНИМИ, 1975.
13. **Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с подземным способом разработки ВНТП 13-2-85.** – Л.:Гипроруда, 1986. – 130 с.
14. **Сторчак С. А.** Подземные работы в зоне влияния открытых. – Кривой Рог: Минерал, 1997. – 236 с.
15. **Определение и контроль допустимых размеров конструктивных элементов систем разработки на рудниках Кривбасса. Цариковский В.В., Сакович В.В. и др.** – Кривой рог: НИГРИ, 1987. – 76 с.
16. **Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом.** - М.:Недра, 1986.-225с.
17. **ДНАОП 12.11–1.01–94** Правила безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом. – К.: Норматив, 1994. – 184 с.
18. **Единые правила безопасности при взрывных работах.** – К.: Норматив, 1992. – 171 с.
19. **Ильин А. М., Антипов В. М.** Безопасность труда на открытых горных работах. – М.: Недра, 1995. – 265 с

Рукопис подано до редакції 10.03.2021