

М.І. СТУПНІК, С.В. ПИСЬМЕННИЙ, кандидати техн.наук, доц.
ДВНЗ "Криворізький національний університет"

КОМБІНОВАНІ СПОСОБИ ПОДАЛЬШОЇ РОЗРОБКИ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Наведено альтернативні варіанти розкриття родовищ при подальшому відпрацюванні залізних руд відкрито-підземним та підземним способами для умов Криворізького залізорудного басейну.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. У Криворізькому залізорудному басейні загальна кількість запасів залізних руд складає близько 60-70 % від загальних запасів України, з них: багатих руд - 40-45 %, бідних - 55-60 %. Із загального обсягу залізної сировини, яка видобувається в Україні, на долю Кривбасу приходиться близько 80%, при цьому питома вага підземного способу видобутку становить близько 30 %.

Залізні руди Криворізького басейну простягаються в північно-східному напрямку на 100 км і відпрацьовуються відкритим та підземним способами розробки. Значна частина запасів як бідних, так і багатих руд залягає до глибини 2000-2500 м. Балансові запаси руди розташовуються до глибин: відм. -450÷-550 м для відкритих гірничих робіт; 1700-2100 м - з підземним видобутком. Станом на сьогодні у Криворізькому залізорудному басейні працює 5 гірничовидобувних підприємств, з них: 3 - з відкритим та 4 - з підземним видобутком, табл. 1.

Таблиця 1

Глибина гірничих робіт залізорудних підприємств Криворізького басейну		
Назва підприємства	Видобувний комплекс	Глибина гірничих робіт, м
ПАТ "Метінвест"	Північний ГЗК	
	Ганнівський кар'єр	275
	Першотравневий кар'єр	400
	Центральний ГЗК	
	Кар'єр №1	395
	Кар'єр №3	305
	Кар'єр №4	185
	Шахта "Орджонікідзе"	527
	Інгулецький ГЗК	
	Інгулецький кар'єр	395...440
ПАТ "Укррудпром"	"Південний ГЗК"	
	Південний кар'єр	325-350
ПАТ "Арселор-Міттал Кривий Ріг"	Кар'єр №2-біс	225
	Кар'єр №3-біс	300
	Шахта ім. Артем-1	1135
ПАТ "Євраз Суха Балка"	Шахта "Ювілейна"	1260
	Шахта ім. Фрунзе	1135
ПАТ "Кривбасзалізрудком"	Шахта "Родіна"	1315
	Шахта "Жовтнева"	1190
	Шахта ім. Леніна	1275
	Шахта "Гвардійська"	1270

Сучасний стан гірничовидобувної промисловості характеризується значними обсягами видобутку корисної копалини відкритим способом. При рівнозначній кількості підприємств з відкритим та підземним видобутком загальна річна продуктивність на відкритих гірничих роботах більша в декілька разів. Однак, згідно з проектами, максимальна глибина кар'єрів Криворізького регіону складає 500-600 м. Порівнюючи дані, наведені в табл. 1, з проектними, кар'єрам залишилося відпрацювати в середньому 20-30 років при річному пониженні гірничих робіт 10-15 м.

На підземних гірничих роботах глибина стволів наближається до граничної глибини підйому 1500-1700 м. При теперішніх річних потужностях гірничих підприємств очисні роботи шахт досягнуть зазначених глибин (з очисних робіт) через 30-50 років. Безсумнівно, запаси залізної руди технічно можливо відпрацьовувати й глибше, ніж проектні або граничні глибини, тим самим подовживши термін роботи гірничих підприємств. Однак при цьому техніко-

економічні показники погіршуються внаслідок недостатньої якості залізної руди, відсутності нових технологій видобутку, значного часу на підготовку нових горизонтів, збільшення відчужуваних під відвали земель, підвищення енергоємності підприємств, а також зменшення річної продуктивності.

Аналіз досліджень і публікацій. Для відкритих гірничих робіт проблема подальшого існування не так гостро виражена, бо продовжити свою роботу вони можуть, поєднавши два способи розробки – відкритий та підземний [1-4]. За даними досліджень [2], запаси корисних копалин, що залишаються поза контуром кар'єру, наведено в табл. 2. Однак, їх можна в подальшому відпрацювати за рахунок упродовження комбінованої відкрито-підземної розробки.

Таблиця 2

Прогнозні показники позаконтурних запасів кар'єрів

Видобувний комплекс (кар'єр)	Орієнтовні запаси руди за контуром кар'єру, млн т	Орієнтовна річна продуктивність відкрито-підземного рудника, млн т
Північний ГЗК		
Ганнівський кар'єр	340	5
Першотравневий кар'єр	480	10
Центральний ГЗК		
Кар'єр №1	350	5
Інгулецький ГЗК		
Інгулецький кар'єр	139	6
Південний ГЗК		
Південний кар'єр	600	10

З табл. 2 видно, що відпрацювання позаконтурних запасів кар'єрів комбінованим відкрито-підземним способом дає можливість подовжити роботу ГЗК ще на 25-50 років при визначеній річній продуктивності підприємства. При необхідності річна продуктивність може бути збільшена в 2-3 рази із застосуванням нових, менш енергоємних систем розробки та раціональних схем розкриття та підготовки. Перехід на комбіновану розробку дозволить не тільки подовжити видобуток руди, але й успішно розвивати підземні гірничі роботи до розвіданих глибин [2,3], табл. 3.

Таблиця 3

Прогнозні показники річної продуктивності гірничих підприємств з підземним видобутком

Видобувний комплекс	Глибина розробки рудних запасів, м	Орієнтовна річна продуктивність, млн т	
		по руді	по кварцитах
Шахта "Ювілейна"	2060-2200	1,5	5,0-7,0
Шахта ім. Фрунзе	1500-2500		
Шахта "Родіна"	1765-1900	3,0	8,0-12,0
Шахта "Жовтнева"	2015-2500		
Шахта ім. Леніна	1955-2200		
Шахта "Гвардійська"	1990-2400	0,7	3,0
Шахта ім. Артем-1	1490-1700		

Так, при досягненні підземними гірничими роботами глибини 1500-1700 м розглядаються два варіанти подальшої розробки родовищ: *перший* - відпрацювання бідних руд (кварцитів та інше) або супутньої мінеральної сировини (тальк та інше), *другий* - заміна підйомних машин на більш сучасні. Обидва варіанти є перспективними, але наряду з перевагами мають суттєві недоліки.

Недоліками першого варіанта є значне засмічення корисної копалини при застосуванні існуючих систем розробки і технологічних схем, що призводить до збільшення собівартості видобутку бідної руди в 2-5 разів [3]. По другому - збільшення витрат на модернізацію та переобладнання існуючих надшахтних споруд.

Як у першому, так і в другому варіантах зменшити собівартість видобутку можливо за рахунок модернізації схем розкриття та підготовки, застосування високопродуктивних та малоопераційних систем розробки, зменшення кількості пустої породи, що транспортується по стволах разом з гірничою масою, а також більш раціонального використання надр.

Постановка завдання. Відпрацювання багатих руд підземним способом (глибше ніж 1500-1700 м) через відсутність технології та раціональних схем залишається невирішеним питанням. Для подальшого розвитку гірничих підприємств необхідно обґрунтувати раціональні

способи розкриття та системи розробки, які дозволять успішно працювати підприємствам без значних капітальних та експлуатаційних витрат. Отже, проблема раціональної розробки родовищ корисних копалин є актуальною.

Викладення матеріалу та результати. Відпрацювання запасів залізних руд (кварцитів) при зменшених витратах у порівнянні з підземною розробкою можливе шляхом більш широкого застосування комбінованої відкрито-підземної розробки. Для умов Криворізького залізорудного басейну при відпрацюванні позаконтурних запасів кар'єрів та шахтних запасів на значних глибинах розглянемо наступні схеми розкриття.

Варіант 1. Відпрацювання позаконтурних запасів кар'єру, коли поблизу відсутні підземні гірничі виробки, рис. 1, здійснюється за допомогою похилих транспортних виробок, пройдених з борту кар'єру.

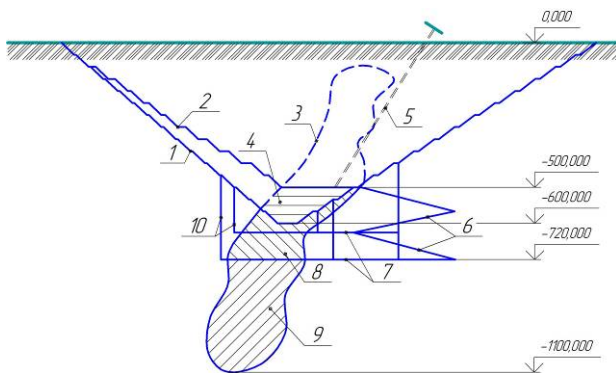


Рис. 1. Схема розкриття позаконтурних запасів кар'єрів: 1,2 – контур кар'єру відповідно граничний та робочий; 3 – відпрацьовані запаси відкритим способом; 4,8 – запаси, що відпрацьовуються відповідно відкритим та комбінованим способами; 5 – циклічно-поточкова технологія; 6 – похилий спіральний з'їзд; 7 – транспортні горизонти; 9 – поклад залістистих кварцитів; 10 – шурф

Портал похилої транспортної виробки розташовують безпосередньо на дні кар'єру або на горизонті біля комплексу ЦПТ. Транспортування гірничої маси з очисного блоку до ККД здійснюється підземними автосамоскидами фірм "Tamrock" або "Atlas Copco". Кількісний склад підземних автосамоскидів залежить від необхідної річної продуктивності відкрито-підземного ярусу. Так, при річній продуктивності 5 млн т необхідно 15-20 автосамоскидів. Ураховуючи те, що відпрацювання очисних блоків (розбурювання масиву) виконується сумісно з використанням гірничого обладнання як на відкритих, так і на підземних гірничих роботах, висота поверху може бути збільшена до 150 м. Руда в автосамоскиди навантажується залежно від конструкції системи розробки (віброживильниками або ПДМ).

Варіант 2. Відпрацювання позаконтурних запасів кар'єру комбінованим способом, рис. 2. Коли поблизу з кар'єром є підземні гірничі виробки, схема розкриття та транспортування гірничої маси значно відрізняється від попередньої. Розкриття запасів під дном кар'єру здійснюється горизонтальними 11 та похилою 6 виробками. Горизонтальна (відкотна) виробка служить для транспортування гірничої маси від очисного вибою до рудопідйомного стволу, а похила – для доставки до вибою матеріалів, обладнання бурової та прохідницької техніки. При такій схемі відпрацювання запасів створюються дві незалежні робочі зони: з видобутком залістистих кварцитів комбінованим способом; з видобутком багаті руди підземним способом, див.рис. 2.

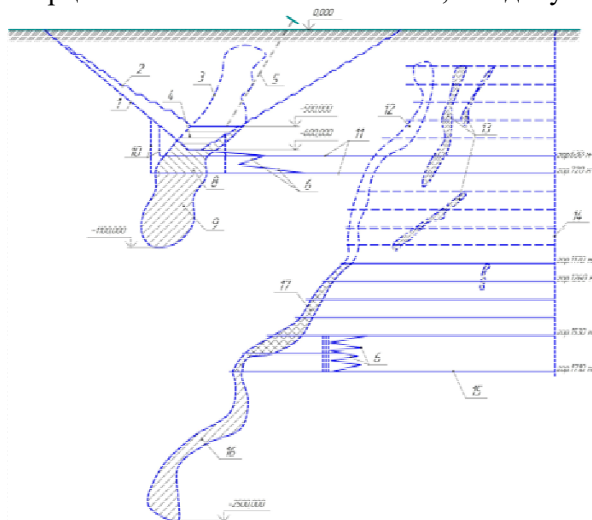


Рис. 2. Схеми розкриття позаконтурних запасів: 1-10 – умовні позначення наведені на рис.1; 11 – відкотний горизонт; 12 – запаси, відпрацьовані підземним способом; 13 – поклад супутньої мінеральної сировини або бідних залізних руд; 14 – головний вертикальний ствол; 15 – концентраційний горизонт; 16 – поклад багаті руди; 17 – запаси, що відпрацьовуються підземним способом

Сумісність гірничих робіт дозволяє безперервно вести видобуток корисної копалини, а також збільшити об'єм видобутку в порівнянні з підземними гірничими роботами. Ця технологічна схема є перспективною для багатьох гірничих підприємств Криворізького басейну. Але має також значний недолік: термін існування підприємства обмежений, через недовилучення забалансових запасів.

Наведені схеми розкриття дозволяють видобувати запаси багаті руди та магнетитових

(окислених) кварцитів, які знаходяться поза контуром кар'єру. Але розглянуті схеми не дозволяють у повному обсязі відпрацювати родовище (виймання балансових та забалансових запасів залізних руд, бідних руд, супутньої мінеральної сировини та ін.). При повному вилученні мінеральної сировини необхідно більш повно використовувати гірничі виробки, існуючі об'єкти та способи їх видобутку. Принципова схема повного відпрацювання родовища приведена на рис. 3.

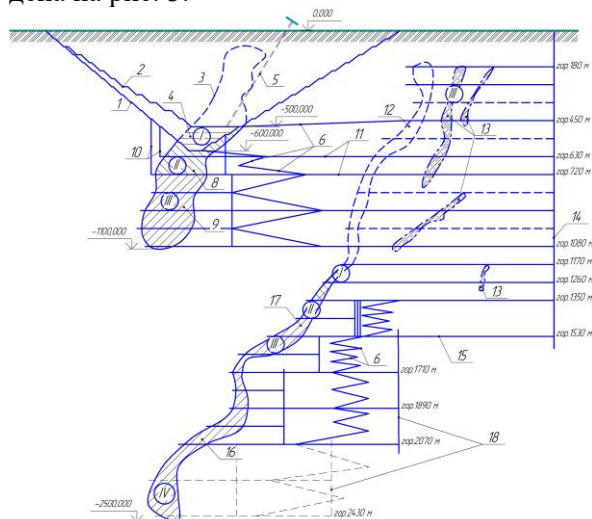


Рис. 3. Схема повного відпрацювання родовища: 1-17 – умовні позначення наведені на рис.1 та 2; 18 – сліпий ствол; I,II,III,IV - етапи відпрацювання балансових та забалансових запасів родовища

Сутність цієї схеми полягає в тому, що видобуток корисної копалини здійснюється по етапах залежно від періоду відпрацювання. На *першому* етапі відробляють балансові запаси відкритим та підземним способами до граничних глибин традиційними способами та системами розробки. Після досягнення кар'єром проектного контуру 1 виконують капітальні та підготовчі роботи до виймання комбінованим способом позаконтурних запасів кар'єру, використовуючи підземні гірничі виробки. При цьому підземні гірничі роботи продовжують

видобуток до глибини 1300-1400 м.

На *другому* етапі видобуток здійснюється комбінованим способом розробки. Згідно з табл. 2, річна продуктивність буде складати більш ніж 5 млн т, а при необхідності може бути збільшена. Паралельно з відробкою запасів під дном кар'єру, готують останній робочий концентраційний горизонт першого кроку розкриття (гор. 1530-1350 м), див. рис.3. Подальша розробка багатих залізних руд можлива лише багатоступінчастим підйомом (третій та четвертий етапи). Перехід на багатоступінчастий підйом неминуче призведе до збільшення витрат на видобування корисних копалин, а в більшості випадків робить його недоцільним у зв'язку з незначною конкурентоспроможністю добутої сировини. Тому при видобутку запасів другим кроком розкриття необхідно використовувати високоефективні технології видобування корисних копалин.

Враховуючи те, що при видобутку руди підземним способом із застосуванням другого кроку розкриття, річна продуктивність на підземних гірничих роботах значно зменшиться, а питомі витрати на будівництво збільшаться, необхідно буде компенсувати зниження продуктивності підприємства за рахунок видобутку супутньої мінеральної сировини та забалансових запасів під дном та бортами кар'єрів *третього* етапу.

При видобутку запасів бідних руд 13, що розташовані на незначних глибинах, бажано залишити видобуток як і при комбінованій розробці родовища, а в деяких випадках збільшити його. Це можливо за рахунок використання підземних автосамоскидів та ЦПТ кар'єру, зменшивши таким чином навантаження на вертикальний ствол та розвиток гірничих робіт нижче гор.1710 м. Загальна схема суміщення відкритих, підземних та відкрито-підземних робіт приведена в табл. 4.

Таблиця 4

Умовний час роботи гірничих підприємств по етапах виробництва

Спосіб розробки	Перший етап	Другий етап	Третій етап	Четвертий етап
Відкритий	■			
Підземний (по руді)	■	■	■	■
Підземний (по кварцитах)				■
Комбінований	■	■	■	

Примітка: темний прямокутник – видобуток корисної копалини, білий прямокутник – перехідний період

Четвертим заключним етапом є відпрацювання багатих залізних руд до глибини 2500 м. Слід зазначити, що зі збільшенням глибини розробки, питомі витрати на видобуток будуть також збільшуватися. Тому при подальшій розробці родовища нижче 1500 м необхідне застосу-

вання нової техніки та впровадження нових технологій.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У результаті досліджень встановлено, що запаси залізистих кварцитів доцільно відробляти комбінованим відкрито-підземним способом. Подальша розробка багатих залізних руд підземним способом до глибини 2000-2500 м перспективна, якщо при цьому здійснюється видобуток бідних руд та супутньої мінеральної сировини на незначних глибинах. Це дозволить подовжити роботу гірничим підприємствам з незначними питомими витратами. При цьому необхідно вирішити ряд важливих питань, щоб видобуток корисних копалин був ефективним: визначити оптимальну глибину відкритих та підземних гірничих робіт, розробити малоопераційну технологію видобутку, зменшити втрати та засмічення руди за рахунок удосконалення систем розробки.

Список літератури

1. Щелканов В.А., Сторчак С.А. Комбинированная разработка месторождений / В.А.Щелканов, С.А.Сторчак // Кривой Рог: КТУ, 1996. – 293 с.
2. Черных А.Д., Гушко П.И. Комплексная открыто-подземная железорудных месторождений / А.Д.Черных, П.И.Гушко // К.:Техника, 1991. – 279 с.
3. Сторчак С.А. Подземные работы в зоне влияния открытых // С.А. Сторчак АГН Украины. – Кривой Рог: КТУ, 1997. – 251 с.
4. Черных А.Д., Колосов В.А., Брюховецкий О.С. Комплексная разработка рудных месторождений // А.Д. Черных, В.А. Колосов, О.С. Брюховецкий и др.// Под ред. А.Д. Черных. – К.: Техніка, 2005. – 376 с. Рукопис подано до редакції 21.02.12

УДК 622.235

Ю.Г. ВИЛКУЛ, д-р техн. наук, проф., А.П. СТАНКОВ, канд. техн. наук,
А.В. ШАПУРИН, д-р техн. наук, проф., Э.В. СЕРЕБРЕНИКОВ, канд. техн. наук,
В.В. АНДРИЕНКО, научн. сотр., М.К. КОРОЛЕНКО, В.С. ГАЙ,
С.В. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, ОАО «ЮГОК»

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ПРИ ВЗРЫВАНИИ В УСЛОВИЯХ «ЗАЖАТОЙ» СРЕДЫ

Разработан алгоритм определения параметров подпорной стенки при взрывании в условиях «зажатой» среды. Приведены формулы для расчета начальной скорости полета горной массы, для определения дальности полета куска и для определения ширины подпорной стенки.

Проблема и ее связь с научными и практическими знаниями. При проведении взрывных работ на рабочих площадках в карьерах неизбежным фактором является развал. Во многих случаях открытой разработки железных руд целесообразной является отбойка пород на необрунную горную массу, что позволяет, при определенных условиях, повысить качество дробления горной массы и уменьшить ширину развала. Последнее обстоятельство помогает избежать затруднений, связанных с уборкой транспортных и энергетических коммуникаций в пределах взрываемого блока, а также нарушения производственного цикла из-за завала технологических дорог.

Анализ исследований и публикаций. Изучение отечественной и зарубежной литературы по разрушению пород взрывом показало, что немало работ посвящено взрыванию на необрунную горную массу. В этом направлении достигнуты значительные результаты, теоретическая и практическая ценность которых отражена в работах М.А.Лаврентьева, Н.В.Мельникова, М.Ф. Друкованого, Э.И. Ефремова, В.М. Комира, Д.М. Бронникова, И.А. Садовского, В.М. Кузнецова, В.Н. Родионова, А.А. Черниговского и др.

При этом отмечается, что развал взорванной горной массы оказывает влияние на работу карьера. Поэтому важной задачей является управление развалом пород, которое осуществляется путем применения различных схем взрывания, а также оставлением в забое перед взрывом подпорной стенки.

Вместе с тем, вопросам оптимизации ширины подпорной стенки посвящено недостаточно работ, причем, как правило, они рассматриваются для применения гранулированных типов ВВ и инициирования зарядов с помощью ДШ.

© Вилкул Ю.Г., Станков А.П., Шапурин А.В., Серебренников Э.В., Андриенко В.В., Короленко М.К., Гай В.С., Шевченко С.В., 2012