

обвалення наступної секції. Також в блоці необхідно провести вентиляційні штреки лежачого боку (4), похилий з'їзд (12) та відкотний штрек (13).

### **Висновки та напрямки подальших досліджень.**

Запропонована технологія у порівнянні з варіантами системи підповерхового обвалення, що зараз застосовуються на шахтах Кривбасу, дає змогу значно спростити конструкцію системи розробки, скоротити обсяги нарізних робіт, застосувати високопродуктивне самохідне обладнання та зменшити засмічення руди на 3-5 %, що призведе до покращення якості рудної маси на 0,5-1%. В подальших дослідженнях планується дослідити за допомогою математичного моделювання залежність стійкості рудної консолі від кута її нахилу, глибини ведення очисних робіт, фізико-механічної характеристики порід, а також обґрунтувати розміри секції та параметри штучного козирка для забезпечення його цілісності.

### *Список літератури*

1. **Кучерявенко И.А.** Закономерности проявления горного давления и выбор порядка очистной выемки при разработке мощных и весьма мощных месторождений Криворожского бассейна // Сборник научных трудов / Криворожский горнорудный институт. –1963, №23. –С. 70-76.
2. **Малахов Г.М., Безух Р.В., Петренко П.Д.** Теория и практика выпуска руды. –М.: Недра, 1968. –311 с.
3. **Пат. 38641 UA: МПК Е 21 С 27/00.** Спосіб розробки плаstopодібних крутоспадних рудних покладів/ М.Б. Федько, Д.Ф. Зенюк. –№ u200808905; Заяв. 07.07.2008; Опубл. 12.01.2009, Бюл. №1. –4 с.: ил.
4. **Чернокур В.Р., Шкребок Г.С., Шелегеда В.И.** Добыча руд с подэтажным обрушением. –М.: Недра, 1992. –271 с.

УДК 622.236.5

В.М. ТАРАСЮТИН, канд. техн. наук, Криворожский технический университет

## **ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ КОНЦЕНТРАТОВ НА БАЗЕ БОГАТЫХ МАРТИТОВЫХ РУД ШАХТ КРИВБАССА**

Приведены результаты исследований по дезинтеграции высококачественных мармитовых руд скважинными гидромониторами и концентрации продуктов разрушения в высококачественные мармитовые концентраты.

Приведені результати досліджень по дезинтеграції високоякісних мармитових руд свердловинними гідромоніторами й концентрації продуктів руйнування у високоякісні мармитові концентрати.

**Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.** Наличие в Кривбассе на глубоких горизонтах действующих шахт значительных запасов богатых выщелоченных мармитовых руд создает исключительно перспективные предпосылки для производства высококачественных железорудных концентратов со стабильными химико-технологическими параметрами и широкими потребительскими свойствами [1]. Главная особенность мармито-

вых массивов заключается в их неустойчивости и низкой прочности руд, что не позволяет их эффективно добывать и подготавливать к разделительным процессам обогащения на базе традиционных скважинных технологий взрывного дробления и последующего механического измельчения. В связи с этим, актуальной становится проблема разработки и освоения технологии скважинного гидромониторного разрушения, для которой низкая прочность и устойчивость железорудных массивов являются благоприятными факторами [2].

**Анализ исследований и публикаций.** Анализ теоретических представлений и практики гидравлической отбойки горных пород показал [3, 4], что вопрос об изученности гидромониторного разрушения качественных мартитовых руд, составляющих значительную часть запасов железорудных месторождений докембрия Криворожского бассейна и бассейна КМА, через скважины остается открытым. Вместе с тем новый принцип в технике разрушения руды позволяет извлечь без засорения руды требуемого сорта, характеризуется высокой безопасностью ведения горных работ; упрощает конструктивное оформление и обеспечивает устойчивость конструктивных элементов выемочных единиц; повышает концентрацию горных работ и сокращает потребность в энергоресурсах и материалах [5].

**Постановка задач исследования.** Цель выполненных исследований заключалась в установлении особенностей и изучении закономерностей и параметров, характеризующих гидромониторное разрушение богатых железных руд напорными струями воды через скважины, обеспечивающих разработку производительного процесса гидродезинтеграции руд до заданного фракционного состава.

Общая методика исследований включала поэтапное выполнение комплекса шахтных опытно-экспериментальных работ по разрушению рудных массивов напорными струями воды через скважины, лабораторное определение химико-минералогических и технологических свойств продуктов гидро-разрушения, теоретическое обобщение полученных экспериментальных результатов.

Экспериментально процесс гидромониторного разрушения качественных железных руд изучался в условиях рабочих горизонтов ш. «Юбилейная» ОАО «Сухая Балка», и ш. «Родина» ОАО «КЖРК». По структуре руды представляют собой тонкозернистые, рыхлосвязанные, пористые, преимущественно двухкомпонентные системы, состоящие по объему на 90-95 % из мартита и на 5-10 % из кварца, с содержанием железа от 65 до 68 % и незначительным (1-2 %) содержанием минералов примесного состава. Между пределами прочности руд на одноосное сжатие и их пористостью установлена зависимость имеющая вид [6]:

$$[\sigma_{сж}] = [\sigma_{сж}^0] \cdot (1 - \eta)^2 \cdot e^{-10\eta} \quad (1)$$

где  $[\sigma_{сж}^0]$  - предел прочности на одноосное сжатие образцов окисленных джеспилитов или роговиков, аналогичных по генезису, составу и структуре пористым мартитовым рудам, МПа;  $\eta$  – общая пористость образцов руд, доли ед.

**Изложение материала с обоснованием полученных научных результатов.** Схематично гидромониторное разрушение рудного массива вращающимися струями воды через скважину (рис. 1) представляет собой нестационарный процесс, зависящий от постоянно изменяющихся по длине струи её структурно-гидродинамических параметров, расстояний до обнажения рудного массива, способа приложения струи к забою, геолого-технологических характеристик рудного массива [7].

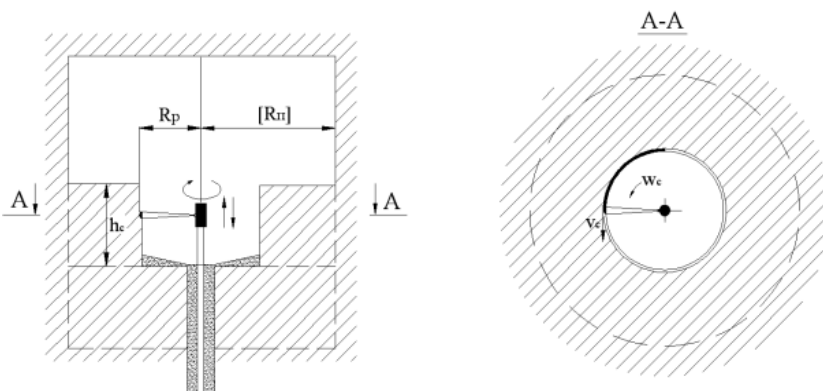


Рис. 1. Расчетная схема гидромониторного разрушения маргитовых руд вращающимися струями:  $R_p$  – текущий радиус разрушения, м;  $[R_{л}]$  – предельный радиус разрушения, м;  $h_c$  – высота разрушаемого слоя руды из скважины, м;  $W_c$  – угловая скорость перемещения струи, об/с,  $v_c$  – линейная скорость перемещения струи, м/с.

Экспериментально установлено следующее. Разрушение рыхлосвязанных пористых маргитовых руд в массиве гидромониторной струей воды начинается при условии, когда осевое динамическое давление струи  $P_m$  на контакте с рудным массивом превышает предельное значение  $[P_m] > 0,15[\sigma_{сж}]$ . При процессе разрушения конкретных массивов в форме врубной борозды (при перемещении струи по забою) гранулометрический состав продуктов разрушения в зависимости от расстояния от гидромонитора до забоя характеризуется удельным импульсом силового динамического давления струи на рудный массив и может регулироваться сочетанием определенных значений переменных параметров процесса: величиной осевого динамического давления и диаметром струи, скоростью перемещения струи по забою, прочностью руд:

$$I_m = \frac{1,6d_o P_m}{R_p \cdot W_c}$$

Оптимальными являются такие сочетания указанных параметров, которые обеспечивают при данной геотехнике требуемую степень производительного разрушения рудного массива в виде:

- селективной гидродезинтеграции, при которой разрушение происхо-

дит преимущественно по межфазным границам минеральных зерен и их агрегатов с почти полным (>70 %) раскрытием рудных минералов;

- гидродезинтеграции, при которой разрушение происходит как по межфазным границам минеральных зерен, так и по микротрещинам с высокой степенью (50...70 %) раскрытия рудных минералов;

- гидроотбойки, при которой разрушение происходит преимущественно по системам микротрещин и трещин с нераскрытыми рудными минералами.

Результаты исследований показали, что в мартитовых рудах с пористостью 20÷35 % и пределом прочности на сжатие 5÷10 МПа перемещающиеся со скоростью 0,5÷3 м/с гидромониторные струи, формируемые насадкой диаметром 10 мм под давлением воды 2,5÷3,0 МПа, обеспечивают следующие диапазоны параметров процесса разрушения рыхлосвязанных высокопористых мартитовых руд: производительность по пульпе от 40 до 60 т/час, производительность по твердому 12÷25 т/час, удельный расход воды от 0,7 до 3 м<sup>3</sup>/т; плотность пульпы от 1,3 до 1,5 т/м<sup>3</sup>, радиусы разрушающего воздействия струи на рудный массив достигает 2,0÷3,0 м.

Химико-минералогический и технологический анализ проб продуктов разрушения показал, что поточный процесс скважинного гидромониторного разрушения мартитовых руд, доставки и обезвоживания продуктов разрушения является по существу комбинированным процессом рудоподготовки, заменяющим обогатительные операции измельчения руды, классификации продуктов измельчения по крупности и их отмывки от минералов примесного состава. При этом происходит повышение содержания железа в рудном концентрате на 1,5÷2,5 % по сравнению с природным и снижение массовой доли кремнезема от 3,0÷1,5 до 0,9÷0,5 %.

При гравитационном обогащении продуктов гидродезинтеграции на концентрационных столах были получены железорудные концентраты с массовым содержанием железа 69,8÷70,00% и двуокиси кремния 0,1-0,2%, удовлетворяющие требованиям производств восстановленных железных и ферритовых порошков высшего качества (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика химического состава мартитовых концентратов и железных порошков ПЖВ – 1,2

Продукт	Химический состав, %									
	Fe	Si	Al	S	Ca	Mg	Mn	K	Na	п.п.п.
Концентрат	70	0,1	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,3
ПЖВ-1,2	70	0,1	0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01	0,03	0,3

Обобщение результатов проведенных исследований позволило разделить богатые мартитовые руды залежей Кривбасса на геотехнологические типы по основным критериальным геолого-технологическим характеристикам (табл. 2).

Таблица 2

## Классификация геотехнологических типов богатых маргитовых руд Кривбасса

Геотехнологический тип руд		
Характеристика руд	Параметры	
	Пористость, $\eta, \%$	Прочность $[\sigma_{сж}]$ , МПа
Селективно-дезинтегрируемые		
Исключительно пористые, рыхло-сыпучие зон гипергенного разуплотнения железослюдково-маргитовые и маргитовые массы, рассыпающиеся при любой незначительной нагрузке в порошок. Структура губчатая с повсеместным развитием микрогранулированного кварца. Очень слабый межзерновой контакт. Легко выносятся при дренаже рудничных вод и разрушаются напорной струей воды до состояния рудо-породных зерен	>35	0÷2
Дезинтегрируемые		
Очень пористые, рыхлосвязанные с ослабленным контактом между зернами гранобластовой и объемной структуры, слаболитифицированные маргитовые и железослюдково-маргитовые массы, разрушающиеся напорной струей воды до состояния порошка.	30÷35	2÷4
Частично дезинтегрируемые		
Высокопористые, рыхлые маргитовые умеренносцементированные массы с ковалентными связями, разрушающиеся напорной струей воды на мелкие фракции и порошок.	25÷30	4÷7
Отбиваемые		
Пористые, полурыхлые сцементированные маргитовые массы разрушающиеся напорной струей воды по микротрещинам, трещинам высших порядков и порам	20÷25	7÷15

Общие ресурсы перспективных для скважинной гидродобычи геотехнологических типов богатых железных руд, составляют по рабочим горизонтам действующих шахт Кривбасса оценивается до глубины 2000 м в 22,7-45 млн. т.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Результаты исследований показали следующее:

закономерности и зависимости процесса гидромониторного разрушения богатых маргитовых руд через скважины, учитывающие горно-геологические характеристики рудного массива, гидродинамические параметры и способ приложения гидромониторных струй, позволяют рационально управлять гранулометрическим составом руды, производительностью разрушения, формой и размерами образуемых полостей;

возможность гидромониторной отбойки в режиме селективной дезинтеграции высококачественных массивов маргитовых руд с рабочих горизонтов шахт Кривбасса создают исключительно благоприятные предпосылки для организации производства уникальных по чистоте окислов железа с предельно высокими технологическими параметрами - продукции нового

технологического уровня для металлургии электросталей, железных порошков и ферритов.

#### *Список литературы*

1. **Ломовцев Л.А.** Технология комплексной переработки и использования богатых руд КМА. / Ломовцев Л.А., Максимов А.В., Журавлев Ф.М. и др. // Горный журнал. 1995. -№1. -С. 39-42
2. **Бабичев Н.И., Николаев А.Н.** Скважинная гидротехнология – новый способ освоения земных недр. / Горный журнал, -1995, -№1, -С. 14-18.
3. **Шавловский С.С.** Основы динамики струй при разрушении горного массива. –М.: Наука, 1979. -173 с.
4. **Никонов Г.П., Кузьмич И.А., Гольдин Ю.А.** Разрушение горных пород струями воды высокого давления. – М.: Недра, 1986. -143 с.
5. **Аренс В.Ж.** Физико-химическая геотехнология. -М.: Изд-во МГГУ, 2001. -655 с.
6. **Тарасюгин В.М.** Горнотехнологическое обеспечение безопасной выемки рыхлосвязанных маргитовых руд глубоких горизонтов месторождений Кривбасса // Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу: Збірник наукових праць. –Кривий Ріг.: ДП «НДІБПГ». – 2008. –Вип. 9. -С. 19-30.,
7. **Тарасюгин В.М.** Обоснование безопасного и эффективного процесса гидромониторного разрушения богатых железных руд через скважины // Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг.: ДП «НДІБПГ». –2010. –Вип. 11. -С. 84-94.

УДК 622.8: 622.23.02

В.Я. ТАРАПАТА, канд. техн. наук, Криворожский технический университет  
Ф.И. КАРАМАНИЦ, В.С. РИЧКО, Ю.А. ПЛУЖНИК,  
ПАО «Кривбассжелезрудком»

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД И ЕГО ТРЕЩИНОВАТОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Разработан и апробирован опытный образец сейсмоакустического прибора для определения физико-механических характеристик массива горных пород

Розроблений і апробований дослідний зразок сейсмоакустичного приладу для визначення фізико-механічних характеристик масиву гірських порід

Знание физико-механических свойств горных пород необходимо для обоснования геометрических параметров систем разработки, оценки устойчивости массива пород, их прочностных характеристик, расчета вида крепи и буровзрывных работ.

При определении физико-механических характеристик горных пород используются статический и динамический методы испытаний.