

УДК 622.23 (621.22)

**В.П. Петриченко, В.И. Стрельцов**

## **ДЕЗИНТЕГРАЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КМА ПРИ СГД С УЧЕТОМ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ВОЛНОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Обосновываются способы дезинтеграции руд КМА за счет: режимов работы эрлифта, влияющих на реализацию горного давления; использования волновых технологий воздействия на рудное тело.*

*Ключевые слова:* скважинная гидродобыча, железные руды, дезинтеграция, горное давление, волновые технологии.

---

**О**пытные работы по скважинной гидродобыче (СГД) железных руд на КМА начаты в 1987 г. [1, 2]. Глубина залегания рыхлых руд ( $(\sigma_{сж} = 0 - 3 \text{ МПа})$ ) 400—800 м. Статические уровни подземных вод 30—70 м.

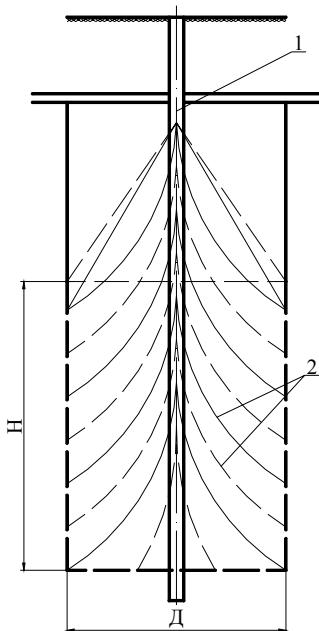
Перенос опыта скважинной гидродобычи полезных ископаемых на глубинах десятков метров [3], где продуктивный пласт представлен преимущественно неустойчивыми плытунными породами, а дезинтеграция основана на действии гидравлической струи, практически неприемлем для добычи железных руд на больших глубинах.

В ФГУП ВИОГЕМ проведен анализ исследований нефтяников по действию гидромониторной струи на разрушение пород в забое [4]. Выполнены расчеты применительно к разрушению рыхлых руд в условиях КМА [5]. Установлено, что при глубинах более 500 м, струя, выходящая из сопла со скоростью 100 м/с, будет разрушать руды прочностью на однородное сжатие 0-3 МПа на расстоянии не более 0,5—0,8 м, затухая до нуля. Причем, давление струи на расстоянии три радиуса сопла от оси падает

до 10 %, а на расстоянии 10 радиусов — до 3 %. Приближение гидромонитора к разрушающей стенке скважины (камеры) на метры практически невозможно. Увеличение скорости струи также не эффективно. Дезинтеграция гидромониторными струями на Шемраевском участке КМА не превышала  $0,13 \text{ м}^3/\text{ч}$  (450 кг) [1].

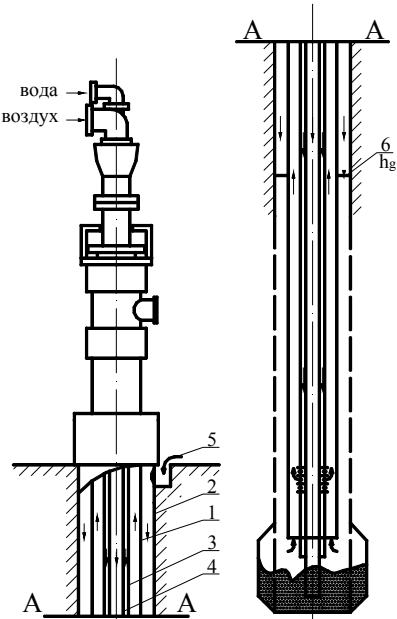
Примененный на Шемраевском участке КМА депрессионный метод воздействия на рудный пласт, основанный на отжатии воздухом уровня воды в скважине на 300—400 м с последующим выпуском воздуха и снижением давления в скважине, существенно не увеличивал объем дезинтегрированной руды из-за быстрого подъема уровня в скважине (кратковременного действия депрессии). Пневмогидроимпульсное воздействие гидромониторной струи также оказалось малоэффективным.

ВИОГЕМ разработал и запатентовал «Способ образования камеры в скважине» [6], заключающийся в том, что после сооружения гидродобывающей скважины в пласте рыхлых руд мощностью 15 и более метров создается блок, который перфорируется наклонными скважинами (рис. 1).



**Рис. 1. Сечение камеры вертикальной плоскостью оси:**

1 – вертикальная скважина; 2 – наклонные скважины; Н – высота блока перфорируемого массива; Д – диаметр блока перфорируемого массива



**Рис. 2. Конструктивное исполнение ГДС-2 для образования пульпы на всасе:**

1 – пульпоподъемная колонна; 2 – обсадная колонна; 3 – воздухопадающая колонна; 4 – водоподающая колонна; 5 – долив воды в скважину; 6 – гидродинамический уровень воды в скважине,  $h_g$ .

Начиная с нижнего ряда наклонные скважины бурятся гидродвигателем с отклонителем долотом диаметром 150–190 мм на разных уровнях по кругу с отходом от оси гидродобычной скважины на 7–10 м. Величины угла наклона скважин и количество их и кольцевых рядов зависят от  $D$  и прочностных свойств руды. Этим достигается перфорация и расслабление массива блока (будущей камеры). Затем производится пневмо- и гидродезинтеграция его в пределах камеры. Гидроподъем рудной массы составит до 10–15 тыс. т.

При проведении опытнодобывающих работ на Шемраевском и Большетроицком участках было отмечено, что при остановках работы гидродобычных скважин в них происходит самоизвольное осипание стенок до-

бычных камер в зонах рыхлых руд, заполняя их до уровня осипающегося рудного пласта.

С целью интенсификации процесса извлечения руд разработана технология [7], в основе которой заложен принцип управления режимами работы эрлифтной системы, при которых в гидродобычной скважине поддерживается динамический уровень ( $h_d$ ), влияющий на реализацию горного давления в добывающей камере, приводящее к потере прочности рыхлых руд (рис. 2).

Динамический уровень в скважине поддерживается на глубине, при которой разность горного давления в отрабатываемом пласте и гидростатического давления столба равна не менее прочности руды пласта на одно-

основное сжатие, что регламентируется поддержанием уровня воды (6) в скважине. При этом параметры режима эрлифта соответствуют объему дезинтегрированной рудной массы, которая составляет до 29 т/ч при глубине гидродобычной скважины до 800 м и диаметре добычной камеры в рудной зоне 400 мм. Максимальный расход потребляемой мощности не превышает 100 кВт на 1 т рудной массы.

Учитывая что, рудный массив глубоких месторождений КМА представлен наклонным напластованием рыхлых и скальных руд под углом 45° на Шемраевском участке, и от 200 до 700 на других участках Большетроицкого месторождения, ВИОГЕМом предложена система отработки пластов рыхлых руд блоками [8] с несколькими вертикальными гидродобычными скважинами, расположеными ниже по падению пластов и выше расположенными вспомогательными скважинами малого диаметра, пройденными по пласту, которые в процессе проходки дезинтегрируют рыхлые руды буровыми долотами и гидромониторными струями за счет постоянного контакта с рыхлыми рудами и подают дезинтегрированную массу в отрабатываемые полости гидродобычных скважин.

При этом, возможно использование многих методов дезинтеграции рыхлых руд, в том числе за счет горного давления, путем снижения уровня воды во вспомогательных скважинах, которые гидравлически связаны с гидродобычными скважинами. Движение потока пульпы с дезинтегрированной рудной массой по вспомогательным в гидродобычные скважины также способствует дезинтеграции пласта рыхлых руд.

Намечены другие мероприятия по дезинтеграции рудного массива, например, по патенту № 2310078 [9]

на «Способ образования пульсирующей струи и устройство для его осуществления». В патенте прямо указано на применение устройства при скважинной гидродобыче полезных ископаемых. С автором и патентообладателем ведутся переговоры об опытном использовании изобретения при гидродобыче железных руд на КМА, в частности для дезинтеграции руд в массиве образуемой камеры по патенту [6].

В последние годы Научным центром нелинейной волновой механики и технологии РАН (НЦ НВМТ РАН) разработана технология по волновому воздействию на горные массивы [10]. Научный центр разработал гамму генераторов для различных целей, в том числе для обработки призабойной зоны нефтяных скважин для интенсификации добычи нефти и повышения скорости роторного бурения.

Конструктивно генераторы не содержат подвижных частей, отличаются простотой, не требуют больших затрат и являются весьма долговечными устройствами. При прокачке жидкости волны давления, источником которых являются генераторы, проникают в пористую среду массива со сложной его геометрией сквозь различного рода трещины, обеспечивая в рабочей зоне рождение и схлопывание кавитационных пузырей, значительное вихреобразование и различные формы движения жидкости. Амплитуды волн могут достигать значений десятков атмосфер. Частота от 100 Гц до 3 кГц и 5-15 кГц.

Практическое применение генераторов имеет место на нефтепромыслах Башкирстана для интенсификации нефтедобычи и для очистки каналов движения в пористой среде.

Используются генераторы волновой технологии для повышения скорости роторного бурения скважин,

как наддолотное устройство для прохождения промывочной жидкости. В результате скорость бурения возрастает на 40—60%. Приведенное выше свидетельствует, что кавитационное воздействие в пористой среде, даже в породах большой прочности, вызывает увеличение трещиноватости, что повышает скорость бурения за счет потери прочности массива. Можно полагать, что применение волновых генераторов для возникновения кавитационных процессов в порах рыхлых руд будет вызывать интенсивную дезинтеграцию рудного массива при СГД.

### **Выходы**

1. В настоящее время имеется ряд теоретических разработок по техно-

логии и технике гидродобычи железных руд КМА, разработке гидродобывающих снарядов, эрлифтной системы подъема рудной массы с больших глубин с производительностью по руде до 60 т/ч, на основе разработанной волновой технологии воздействия на рудный массив с целью дезинтеграции рыхлых руд.

2. Необходимо централизованное решение организационных вопросов выполнения НИР, ОКР, проектных и опытных работ по технологии и технике для рудников СГД с целью ориентации на проведение добычи руды способом СГД до 4 млн. т/год и промышленного внедрения технологии.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аренс В.Ж., Пашков А.В., Балашов А.Г. и др. Опыт скважинной гидродобычи руд на Шемраевском участке КМА. Горный журнал — № 1. — 1995г. — С. 23—26.
2. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. — М.: Изд. МГГУ, 2001. — 656 с.
3. Советско-Югославский симпозиум по проблеме скважинной гидравлической технологии. М. МРТИ. 1991. — 126 с.
4. Козодой А.К., Зубарев А.В., Федоров В.С. Промывка скважин при бурении. Гостопиздат, 1963. — 172 с.
5. Разработка, освоение новых конкурентоспособных технических средств и технологии скважинной гидродобычи с глубокой переработкой руд, обеспечивающих отработку месторождений на глубинах свыше 800 м с получением высококачественного металлургического сырья. Отчет НИР. Рук. Стрельцов В.И. ВИОГЕМ. ГР № 01200310704. г. Белгород, 2004. — 251 с.
6. Петриченко В.П., Стрельцов В.И., Балашов А.Г., Колесников В.И. Патент на изобретение «Способ образования камеры в скважине» № 2242612 от 20.12.2004 г. Роспатент РФ.
7. Исследование технологии и разработка модели скважинной гидродобычи руды Большетроицкого месторождения. Отчет НИР. Рук. Стрельцов В.И. ВИОГЕМ. г. Белгород. — 2008. — 132 с.
8. Балашов А.Г., Петриченко В.П., Стрельцов В.И. Заявка на изобретение «Способ скважинной гидродобычи полезных ископаемых при наклонном залегании пластов» № 2009118242/03(025022) от 05. 2009 г.
9. Камалов Р.Н. Патент РФ № 2310078 «Способ образования пульсирующей струи и устройство для его осуществления».
10. Публикация в Интернете на сайте НЦ НВМТ РАН. [ГИАБ](#)

### **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

Петриченко Виталий Павлович – доктор технических наук, профессор,  
Стрельцов Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор.  
Всероссийский научно-исследовательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, защите инженерных сооружений от обводнения, специальным горным работам, геомеханике, геофизике, гидротехнике, геологии и маркшейдерскому делу» (ВИОГЕМ) лаборатория «Геотехнология, сдвижение горных пород и горное давление», lgsgd@mail.ru.