

УДК 622.234.5

**А.В. Федаш**

## **ТЕХНОЛОГИИ СКВАЖИННОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ И ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Семинар № 15

**П**остоянное увеличение объемов добычи угля и повышение производительности труда в отрасли достигаются, в основном, за счет технического перевооружения шахт на основе высокопроизводительных механизированных комплексов. Однако для коренного улучшения условий и повышения комфортности и безопасности производства при резком снижении металлоемкости очистного забоя необходимо более широкое внедрение средств безлюдной выемки, в частности наиболее перспективной гидравлической добычи угля. Успехи развития гидродобычи в СССР, а затем в России позволили получить высокие показатели при разработке средних и мощных пластов угля.

Гидравлическая добыча успешно применяется в Японии, Китае, Австралии и Канаде. Традиционно применяемой гидравлической технологии угледобычи присущи существенные недостатки. Прежде всего, это высокие энергозатраты, большие потери угля, неуправляемость процесса выемки и т.д. На наш взгляд, наибольшие перспективы для отработки сложных по горно-геологическим условиям месторождений имеет гидравлическая технология угледобычи с

До 60-х годов скважинная гидродобыча была представлена в научной

литературе только немногими патентными разработками. Из всего значительного разнообразия предложенных в настоящее время необычных и оригинальных конструкций гидродобычных агрегатов и технологических решений по ведению очистных работ способом СГД рассмотрим лишь те, которые прошли ту или иную апробацию на практике.

Многообразие условий применения скважинной гидродобычи позволяет выделить два основных направления ее использования: - отработка полезного ископаемого через скважины из подземных выработок:

- отработка полезного ископаемого через скважины, пробуренные с поверхности.

Причем отработка продуктивного пласта в зависимости от горно-гидрогеологических условий ведется как незатопленными гидромониторными струями, так и с гидроотбойкой угля в затопленном очистном пространстве.

Известны результаты опытных исследований скважинной гидродобычи на основе использования плавунных свойств пород (песков), полученные при проектировании гидроагрегата для безвскрышной добычи погребенных россыпных месторождений. Очистные работы производились через скважины диаметром 299 мм с глубины 50-е-70 м гидроэлеватором коль-

цевого типа, который был погружен в обрабатываемый пласт на глубину 3 м. Предварительными аналитическими и лабораторными исследованиями были установлены теоретическая производительность гидроэлеватора, оптимальный радиус очистной камеры и параметры воронки всасывания. Расчеты показали, что объем добычи должен составлять около 157 тыс. м<sup>3</sup> в год при себестоимости добычи 0,27 руб/м<sup>3</sup>. После отработки около 100 м<sup>3</sup> песка приток пульпы к зумпфу гидроэлеватора прекратился из-за обвала налегающих пород. Пробные последующие отработки продуктивности толщи водонасыщенных песков положительного результата не дали.

Опытные работы по применению способа скважинной гидродобычи с использованием подземных выработок проводились в МГРИ в 1973-78 гг. Наличие значительного количества валунистых песков, содержащихся в целом ряде россыпных месторождений, не позволяет вести разработку драгами. С целью вовлечения в эксплуатацию такого типа забалансовых россыпей под месторождением в коренных породах пласта проводились подземные выработки. Из них бурились эксплуатационные восстающие скважины ( $\varnothing = 273$  мм) с последующей отработкой через них участков россыпи. Проведенные предварительные экспериментальные исследования гидравлического разрушения и транспорта позволили дать рекомендации по расчету и выбору основных технологических параметров СГД

Для каждой схемы размыва продуктивного пласта характерны свои специфические особенности. Производительность скважинных гидроагрегатов при размыве свободными струями ограничивается предельными

возможностями гидроэлеваторного подъема, а эффективность скважинной гидродобычи с отбойкой угля в затопленном очистном пространстве определяется устойчивой производительностью гидроразмыва.

Попытки отработки угольных пластов с небольшими углами падения приводили к значительным потерям угля в очистной камере и его разубоживанию.

С другой стороны, исследователи ВНИИГидроугля предложили технологическую схему выемки угля из тонких пластов при продвижении очистного забоя по падению угольного пласта. Эксплуатационная скважина расширяется по обе стороны сверху вниз, а отбитый уголь самотеком транспортируется по почве очистной камеры к вертикальной скважине и затем к приемному зумпфу на аккумулярующем штреке. Гидродобычный агрегат состоит из гидромонитора и водоподающего става с механизмами поворота и подъема. Отработка угольного пласта производится без крепления. К сожалению, данная технологическая схема не апробирована

С целью проходки подготовительных выработок с последующей очистной выемкой в угольных пластах, опасных по выбросу газа, институтом "УкрНИИ-Гидроуголь" проведены испытания подвешенного гидромонитора. На шахте "Лу-тугинская" в Донбассе по пласту ( $I = 0,998$ ) мощностью 0,75<sup>-</sup>1,25 м бурились через каждые 6,5 м эксплуатационные скважины на всю высоту подэтажа (до 40 м). После опускания гидромонитора на гибком шланге в скважину отбойка производилась одновременно по обе стороны от ее оси при вертикальном переме-

В целом, применение способа скважинной гидродобычи угля при

продвижении забоя по восстанию угольного пласта значительно упрощало процесс гидротранспортирования угля из очистной камеры и управление гидромонитором. Гидротранспорт отбитого угля осуществлялся через незакрепленное выработанное пространство угольного пласта с достаточно большими углами падения ( $I > 0,42$ ). Попытка отработать угольные пласты с небольшими углами падения приводила к значительным потерям угля в очистной камере и его разубоживанию. Таким образом кажущаяся аналогия безлюдной выемки крутых пластов и скважинная гидродобыча пластообразных залежей принципиально различна как по условиям процесса гидротранспортирования твердого и гидроотбойки, так и по схемам ведения очистных работ.

Для каждой схемы размыва продуктивного пласта характерны свои специфические особенности. Производительность скважинных гидроагрегатов при размыве свободными струями ограничивается предельными возможностями гидроэлеваторного подъема, а эффективность скважинной гидродобычи с отбойкой угля в затопленном очистном пространстве определяется устойчивой производительностью гидроагрегата.

Способность высоконапорной струи разрушать и транспортировать уголь из непрерывно удаляющегося забоя без доставки непосредственно к нему выемочных и погрузочных органов позволяет создать машины с наиболее простыми кинематическими связями при достаточно высокой энергооборуженности и миниатюризации оборудования, что дает возможность использовать гидромеханизацию при выемке угля из скважин и тем самым расширяет диапазон ее применения

на весьма тонкие пласты и пропластки.

На Украине были проведены эксперименты по гидроотработке угля из скважин при помощи подвешенного и штангового гидромониторов. Однако из-за низкой надежности механических средств бурения (отклонения по азимуту и уходу скважин во вмещающие породы) эти работы были приостановлены.

Одна из главных особенностей скважинной гидродобычи состоит в том, что размыв выемочных полос ведется непрерывно вплоть до обрушения. Это позволяет при расчете пролетов обнажений определить не предельно устойчивую величину, как это делается при подземном способе разработки, а предельно достижимую величину пролета. Поэтому все процессы, происходящие в массивах горных пород при их подработке при СГД, должны рассматриваться в динамике.

Анализ показывает, что все методы расчета незакрепленных горных выработок, характер деформирования и разрушения пород налегающей толщи при традиционных подземных горных работах рассчитывают на минимальные напряжения в кровле, что оправдано и необходимо при расчете выработок, в которых работают люди или находится техника, и совершенно не учитывают фактор времени. При СГД в связи с кратковременностью отработки и отсутствием людей и сложной техники на месте очистных работ встает вопрос о возможно более точном определении напряжений, возникающих в кровле, и их изменении во времени, чтобы производить наиболее полную выемку угля и соответственно сократить потери полезного ископаемого.

Для выбора класса, группы, подгруппы и обоснования конструктивных параметров технологической схемы разработки для каждого конкретного месторождения, и даже участка месторождения, должны быть детально изучены механические свойства горных пород. С учетом кратковременности отработки отдельных камер и быстрого продвижения фронта очистных работ и обоснованы способы управления горным давлением.

По аналогии с традиционным подземным способом отработки угольных месторождений при СГД может быть применен целый ряд технологических схем, видоизмененных в связи с особенностями вскрытия и очистной выемки при новом способе добычи.

Классификация технологических схем СГД угля, в которой в качестве классификационного признака выступает порядок очистной выемки, определяющий состояние очистного пространства, приведена в таблице.

Приведенная классификация наиболее полно отражает многообразие технологических схем отработки угольных пластов с использованием скважинной добычи.

Добившись значительных успехов при разработке средних и мощных пластов, гидромеханизация имеет более скромные достижения при отработке тонких пластов, а также пластов невыдержанной мощности и отдельных угольных тел. В настоящее время гидравлическая технология может конкурировать с механической выемкой угля не только на крутом падении, но и на пологих пластах при сложных горно-геологических условиях, ограничивающих применение механизиро-

Добыча угля с использованием СГД создает определенные преиму-

щества в сравнении с традиционными способами добычи, а предпосылками для этого утверждения являются:

- малооперационность и поточность основного процесса добычи;
- высокая технологическая и экологическая безопасность;
- полное отсутствие людей в очистном забое и его ближайших окрестностях;
- управление кровлей осуществляется без крепления очистного пространства;
- возможность совмещения операций отбойки, погрузки и транспорта угля;
- отсутствие жесткой необходимости вентиляции и обеспыливания очистного забоя и путей транспорта угля;
- возможность оперативно изменять геометрические параметры ведения очистных работ.

Кроме того, все эти преимущества скважинной технологии выдвигают ее в разряд перспективных для выемки угля в сложных условиях.

Недостатком гидравлической технологии является большое количество нарезных выработок, проведение которых определяет высокую трудоемкость подготовки запасов и ограничивает нагрузку на добычный участок. Как показали исследования Украингидроугля, трудоемкость проведения нарезных выработок на гидрошахтах составляет 60-70 % в общей трудоемкости добычи угля по участку. Высокие затраты труда на нарезных и очистных работах, сложность их поддержания и проветривания, значительная обводненность рабочего места гидромониторщиков предопределяют некоторую сложность при отработке мощных и средних пластов и бесперспективность разработанных систем и схем разработки и серийно выпускаемого оборудования в условиях

тонких и весьма тонких пластов, а также при сложных горно-геологических условиях. Отметим еще ряд недостатков:

- необходимость тщательного дробления горной массы при погрузке и транспорте ее с помощью гидроэлеваторных установок;

### Классификация технологических схем СГД угля

Группа и подгруппа технологической схемы	Условия применения
<p>1. Технологические схемы без крепления очистного пространства</p> <p>1.1. Камерно-столбовые (с ленточными, звездообразными или столбообразными целиками);</p> <p>а) со сплошной выемкой</p> <p>б) потолкоуступные (с восходящей выемкой слоев)</p> <p>в) почвоуступные (с нисходящей выемкой слоев)</p> <p>1.2. Бесцеликовые</p>	<p>Достаточная устойчивость вмещающих пород, позволяющая создавать обнажения кровли</p> <p>Весьма тонкие пласты</p> <p>Тонкие угольные пласты. Боковые породы легкообрушаемые, склонные к обрушения</p> <p>Угольные пласты средней мощности. Боковые породы крепкие, труднообрушаемые</p> <p>Весьма тонкие и тонкие угольные пласты</p>
<p>2. Технологические схемы разработки с креплением очистного пространства</p> <p>2.1. С анкерной крепью (возводятся через скважины до начала отработки)</p> <p>2.2. С креплением железобетонными столбами (возводятся через скважины до начала отработки)</p>	<p>Слабоустойчивые боковые породы</p> <p>Угольные пласты мощные и средней мощности</p> <p>Тонкие и весьма тонкие угольные пласты.</p>
<p>3. Технологические схемы с закладкой выработочного пространства</p> <p>3.1. Камерно-столбовые</p> <p>а) со сплошной выемкой</p> <p>б) потолочноуступные (с восходящей выемкой слоев)</p> <p>в) почвоуступные (с нисходящей выемкой слоев)</p> <p>3.2. Бесцеликовые</p>	<p>Боковые породы средней устойчивости, позволяющие создавать кратковременные обнажения кровли</p> <p>Угольные пласты весьма тонкие и тонкие</p> <p>Угольные пласты средней мощности, Боковые породы, склонные к обрушению</p> <p>Угольные пласты средней мощности, Боковые породы крепкие, труднообрушаемые</p> <p>Тонкие угольные пласты и средней мощности. Твердеющая закладка</p>
<p>4. Технологические схемы с креплением и закладкой очистного пространства</p> <p>4.1. Камерно-столбовые</p> <p>а) со сплошной выемкой</p> <p>б) потолкоуступные (с восходящей выемкой слоев)</p> <p>в) почвоуступные (с нисходящей выемкой слоев)</p> <p>4.2. Бесцеликовые</p>	<p>Слабоустойчивые боковые породы</p> <p>Весьма тонкие угольные пласты</p> <p>Угольные пласты средней мощности.</p> <p>Боковые породы, склонные к обрушению</p> <p>Угольные пласты средней мощности, Боковые породы крепкие, труднообрушаемые</p> <p>Угольные пласты тонкие и средней мощности</p>
<p>5. Технологические схемы с обрушением угля и боковых пород</p> <p>5.1. С самообрушением угля</p> <p>5.2. С нижней подсечкой и дальнейшим самообрушением угля</p> <p>5.3. С принудительным обрушением</p> <p>5.4. С применением гибкого перекрытия (пластичные смолы и т.п.)</p>	<p>Мощные угольные пласты. Неустойчивые, слабо устойчивые боковые породы. Допускаются проседания поверхности</p> <p>Мягкие, трещиноватые угольные пласты</p> <p>Слабо трещиноватые угли, обладающие определенной устойчивостью</p> <p>Крепкие, нетрещиноватые угли</p> <p>Неустойчивые боковые породы</p>

- малый радиус зоны всасывания при использовании гидроэлеваторных установок;

- спорность управления горным давлением при отсутствии визуального контроля;

- определенная сложность обеспечения строгой направленности бурения скважин.

Следовательно, эффективность СГД угля в первую очередь будет зависеть от возможности избавиться полностью или частично от указанных недостатков.

МГГУ совместно с институтом ВНИИГидроуголь в течение последних десяти лет проводились исследо-

вания технологии гидравлической добычи угля в целом и основных ее слагающих элементов. Экспериментально установлены и аналитически подтвержденные попроцессорные резервы гидротехнологии. Значительной аналитической и промышленной базой по скважинной добыче угля обладает МГГУ.

Вышеизложенные факты явились основой и своего рода базой для проведения исследований по направлению нетрадиционных технологий угледобычи, а точнее бесшахтных и шахтных способов скважинной гидравлической добычи угля. **ГИАБ**

### *Коротко об авторе*

Федаш А.В. – кандидат технических наук, доцент, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 15 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент чл.-корр. РАН Л.А. Пучков.



## ДИССЕРТАЦИИ

### **ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

<b>Автор</b>	<b>Название работы</b>	<b>Специальность</b>	<b>Ученая степень</b>
<b>МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
КАФИДОВ Николай Геннадьевич	Формирование технологий добычи полезных ископаемых в гидросферах с использованием свойств окружающей технику гидросреды	25.00.18 25.00.22	д.т.н.
ПАВЛОВ Юрий Александрович	Теория и практика автоматизированного проектирования объектов и процессов гибкого камнеобрабатывающего	05.13.12 05.02.22	д.т.н.

	производства		
--	--------------	--	--