

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОРЫХЛЕНИЯ ВЫБРОСООПАСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ВОДНЫМИ РАСТВОРАМИ ПАВ И ХАВ

инж. Пастернак З.Г. (ГПУК шахта «Краснолиманская»),  
к.т.п. Стариков Г.П., к.т.п. Завражин В.В., асп. Меляков А.Д. (Институт  
физики горных процессов НАН Украины)

В общем балансе добычи угля в Донбассе более 70% се объема приходится на выбросоопасные угольные пласты. В соответствии с существующими нормативными документами обработку выбросоопасных угольных пластов необходимо производить с применением комплекса противовыбросных мероприятий, основными из которых являются сотрясательные взрывания, гидрообработка в режиме гидрорыхления и увлажнения при ведении очистных работ - обработка защитных пластов, и увлажнение с использованием длинных скважин.

Анализ существующих способов, с точки зрения надежности, показывает, что наиболее надежными (исключение составляет обработка защитных пластов) могут быть способы, основанные на гидрообработке.

На сегодняшний день наиболее широко при проведении подготовительных выработок используется способ гидрообработки угольных пластов в режиме гидрорыхления, с контролем эффективности по начальной скорости газовыделения и акустической эмиссии.

Тем не менее, анализ результатов применения этих способов показывает недостаточную эффективность, особенно в местах геологических нарушений. Для исследования взаимодействия воды, а особенно растворов ПАВ и ХАВ с ископаемым углем была проведена работа по гидрообработке в режиме гидрорыхления на выбросоопасных пластах  $l_1$  и  $k_5$  шахт им. А.Ф. Засядько и Краснолиманской при проведении подготовительных выработок.

На пласте  $l_1$  9 западного конвейерного штрека. Применялась гидрообработка угольного пласта 0,2% раствором сульфонола НП-3 на протяжении 110 метров. Обработка угольного пласта велась через 2 скважины длиной 6 метров. Глубина герметизации составляла 4 метра. Контроль эффективности проводился методом акустической эмиссии и по содержанию физически связанной водой методом ЯМР [1].

Отобранный уголь из скважин помещался в герметичный контейнер и доставлялся в лабораторию для исследований, где по методике записывался спектр ЯМР-Н<sup>1</sup> на автодинном ЯМР-спектрометре. Все спектры углей записывались при одних и тех же условиях возбуждения. Параллельно с ЯМР-спектроскопическими проводились гравиметрические измерения для определения процентного содержания влаги по ГОСТ 110-81. Обработка спектров проводилась по разработанной методике описанной в [2].

Данные ЯМР-спектроскопических и гравиметрических измерений для двух скважин представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Результаты гравиметрических и ЯМР - спектроскопических измерений (скважина 1).

Скважина № 1										
№ п/п	Пикет	Влажность	Влажный уголь				Сухой уголь			
			Амплитуда широкой линии	Ширина широкой линии	Амплитуда узкой линии	Ширина узкой линии	Амплитуда широкой линии	Ширина широкой линии	Амплитуда узкой линии	Ширина узкой линии
1	2095,6	1,68%	0,089	6,211	0,334	0,533	0,095	6,001	0,094	1,355
2	2097,6	1,33%	0,104	6,018	0,249	0,634	0,099	6,153	0,099	1,221
3	2107,3	1,82%	0,034	6,824	0,238	0,459	0,108	5,529	0,101	0,928
4	2111	1,27%	0,048	6,115	0,127	0,627	0,082	6,540	0,175	1,753
5	2112,8	2,19%	0,039	6,449	0,195	0,461	0,092	6,409	0,171	1,745
6	2115,4	1,49%	0,169	6,556	0,598	0,649	0,172	6,715	0,231	1,040
7	2120,6	1,46%	0,184	6,555	0,648	0,618	0,185	6,599	0,210	0,729
8	2126	1,27%	0,059	6,252	0,114	0,721	0,109	5,987	0,168	1,339
9	2128,6	1,50%	0,059	6,337	0,114	0,956	0,080	5,712	0,082	0,970
10	2131,4	1,64%	0,084	5,782	0,293	0,568	0,078	5,497	0,074	0,893
11	2134	1,21%	0,145	6,099	0,431	0,550	0,101	6,101	0,076	1,033
12	2201,5	1,33%	0,103	6,192	0,457	0,558	0,086	6,071	0,098	1,184

Из анализа полученных данных ЯМР-Н<sup>1</sup> представленных в таблицах 1 и 2 установлю изменение параметров узкой линии, которая характеризует подвижность водородосодержащих молекул флюида, по отношению к исходному необработанному углю. Зафиксировано увеличение амплитуды и уменьшение ширины линии.

Амплитуда и ширина широкой линии, которая характеризует состояние водородосодержащих молекул угольного вещества изменяется в пределах ошибки для данного метода, которая составляет 10-15 %.

На рисунке 1 показано распределение влажности по длине выработки. При естественной влажности 0,8% максимальная влажность при обработке составила 2,14 % для первой скважины и 2,09 % для второй скважины, и минимальные значения 1,27% и 1,18%, соответственно. При этом при прохождении всего участка не было зафиксировано ни одного ГДЯ, а так же на 60% уменьшилось количество внезапных отжимов при работе проходческого комбайна, происходящих после гидрообработки водой.

Таблица 2. Результаты гравиметрических и ЯМР - спектроскопических измерений (скважина 2).

Скважина № 2										
№ п/п	Пикет	Влажность	Влажный уголь				Сухой уголь			
			Амплитуда широкой линии	Ширина широкой линии	Амплитуда узкой линии	Ширина узкой линии	Амплитуда широкой линии	Ширина широкой линии	Амплитуда узкой линии	Ширина узкой линии
1	2096	2,05%	0,082	6,160	0,534	0,481	0,097	5,850	0,102	1,118
2	2098	1,91%	0,092	5,882	0,430	0,503	0,076	5,820	0,075	1,061
3	2107	1,18%	0,042	5,565	0,094	0,480	0,097	6,456	0,203	1,643
4	2111	1,35%	0,047	6,274	0,140	0,653	0,099	6,284	0,125	1,296
5	2113	2,05%	0,052	5,332	0,087	0,434	0,081	5,777	0,062	0,921
6	2115	1,49%	0,085	6,676	0,626	0,633	0,180	6,624	0,255	0,979
7	2121	1,73%	0,062	6,601	0,681	0,595	0,183	6,565	0,196	0,723
8	2126	1,32%	0,063	6,154	0,141	0,772	0,102	5,665	0,096	0,974
9	2129	1,30%	0,057	6,061	0,099	0,932	0,062	6,151	0,170	2,064
10	2131	1,29%	0,075	6,198	0,144	0,799	0,073	5,907	0,089	1,644
11	2134	1,07%	0,122	6,061	0,356	0,539	0,089	6,181	0,078	0,904
12	2202	1,81%	0,076	6,302	0,803	0,524	0,070	5,637	0,091	0,757



Рис.1. Распределение влажности по длине выработки, при обработке 0,2% раствором сульфоиола НИ-3.

Из анализа работ о влиянии ПАВ и ХАВ на структуру угля и проведенных исследований в ОФТПП ДонФТИ ИАНУ [3, 4] наиболее сильное взаимодействие с угольным веществом происходит при обработке его раствором щавелевой кислотой, поэтому был предложен новый тип реагента для гидрообработки угольного пласта. Это раствор 0,1% раствор щавелевой кислоты

Обработка велась на 10 западном конвейерном штреке пласта I<sub>1</sub> и производилась, начиная с пикета 112+7,0 по 123+4,5 (на протяжении 107 метров). Условия обработки были такие, как и при обработке 9 к/штрека раствором ПАВ.

10 западный конвейерный штрек пласта I<sub>1</sub>, отличается сложным геологическим строением. ПК 105+4,0 метра – сброс 0,6 метра, ПК 107+8,0 м. – повышенная трещиноватость, ПК 113+8,0 м. – смещение по кровли 0,5 метров, ПК 114+3,4 м – зона руслового размыва и осложненная тектопика, смещение по кровли 0,5 метров, ПК 114+8,0 м. – смена литологии (до этого пикета песчаник, после аллевролит), ПК 125 +130 м. – зона шликативной нарушенности, повышенная трещиноватость, повышенная газо-динамическая активность.

На рисунке 2 показано распределение влажности в угольном массиве по длине выработки.

Подтверждением активного влияния водного раствора щавелевой кислоты на угольное вещество являются три газодинамических явления, происшедших при выполнении гидрорыхления интенсивностью 10-15 т.

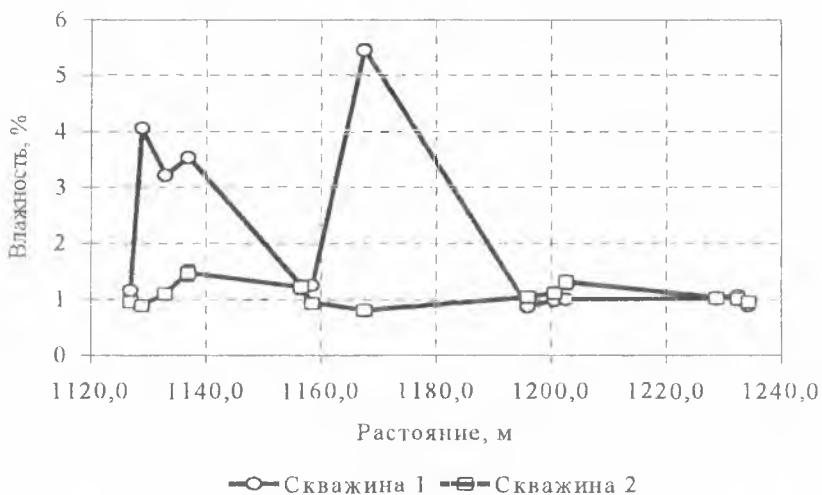


Рис 2. Распределение влажности угля по длине выработки, при обработке 10 западного конвейерного штрека пласта I<sub>1</sub> (до отметки 1196 метров раствором щавелевой кислоты, после водой).

Причем в угле после этих явлений было обнаружено повышенное содержание влаги, при отборе проб из первой скважины, что и определило низкую интенсивность выбросов. В тоже время в зоне обработки раствором щавелевой кислоты в процессе проведения выемки угля проходческим комбайном внезапных отжимов не фиксировалось.

Сравнительные данные анализа угольных проб используя ЯМР-спектроскопию и гравиметрические измерения в зонах гидрообработки раствором ХАВ и водой представлены в таблицах 3 и 4.

Для оценки степени влияния раствора щавелевой кислоты на газодинамическую активность угольного массива, начиная с пикета 119+6,0 м гидрообработка производилась водой. Анализ результатов исследований (таблица 3) показывает, что при обработке угольного массива водой содержание физической влаги возрастает всего на 10-15%. Низкое содержание влаги в угле при обработке его водой приводит к сохранению упругой энергии в угольном массиве и к внезапным отжамам уже в процессе комбайновой выемки.

Наибольшее изменение параметров линии ЯМР приходится на образцы отобранные из первой скважины. Увеличение амплитуды сигнала в 3-4 раза и уменьшение ширины в 2-3 раза характеризуется наличием в пробах угля повышенного содержания флюида, в том числе повышенного содержания метана.

Таблица 3. Результаты гравиметрических и ЯМР - спектроскопических измерений (скважина 1).

Скважина № 1											
№ л/л	Пакет	Влажность	Влажный уголь				Сухой уголь				
			Амплитуда широкой линии	Ширина широкой линии	Амплитуда узкой линии	Ширина узкой линии	Амплитуда широкой линии	Ширина широкой линии	Амплитуда узкой линии	Ширина узкой линии	
Гидрообработка 0,1% раствором плавелевой кислоты											
1	1127,0	1,16%	2,424	6,241	0,79	0,353	2,099	6,761	0,264	0,827	
2	1129,0	4,05%	1,202	6,343	4,134	0,149	1,551	5,514	0,162	0,37	
3	1133,0	3,2%	1,947	6,265	2,992	0,147	1,729	6,179	0,286	0,756	
4	1137,0	3,52%	1,918	6,009	2,824	0,126	1,824	6,446	0,344	1,233	
5	1156,5	1,25%	1,829	5,946	0,634	0,423	1,755	6,27	0,304	0,727	
6	1158,5	1,25%	2,351	6,116	0,505	0,701	1,73	6,327	0,334	0,679	
7	1167,5	5,45%	1,746	6,575	5,082	0,119	2	6,115	0,244	0,541	
Гидрообработка водой											
8	1196,0	0,87%	2,28	6,073	0,46	0,598	2,041	6,067	0,277	0,719	
9	1200,6	0,98%	2,294	6,076	0,547	0,629	1,924	6,601	0,5	1,055	
10	1202,6	1%	2,244	5,996	0,478	0,607	2,026	6,528	0,487	1,368	
11	1228,8	1,02%	2,183	6,024	0,713	0,569	2,172	6,491	0,286	0,697	
12	1232,5	1,07%	2,499	6,773	0,592	0,875	2,207	6,202	0,358	0,988	
13	1234,5	0,89%	2,32	6,332	0,663	0,784	2,235	6,464	0,358	0,871	

При переходе на обработку водой с отметки 1196 метров, изменение параметров сигналов замечено не было.

Изменения параметров спектра ЯМР для высушенного образца находятся в пределах ошибки.

Для второй скважины изменения параметров сигналов ЯМР, находятся в пределах ошибки эксперимента.

В результате анализа полученных данных, можно предположить, что при обработке угольных пластов растворами ХАВ они выступают в роли катализатора. Раствор щавелевой кислоты, введенный в угольный пласт, повышает выделение метана из угля.

Таблица 4. Результаты гравиметрических и ЯМР – спектроскопических измерений (скважина 2).

Скважина № 2										
№ п/п	Пикет	Влажность	Влажный уголь				Сухой уголь			
			Амплитуда широкой линии	Ширина широкой линии	Амплитуда узкой линии	Ширина узкой линии	Амплитуда широкой линии	Ширина широкой линии	Амплитуда узкой линии	Ширина узкой линии
Гидрообработка 0,1% раствором щавелевой кислоты										
1	1127,0	0,95%	2,45	6,485	0,38	0,503	1,925	7,275	0,608	2,295
2	1129,0	0,88%	2,047	6,372	0,339	0,72	2,087	6,587	0,255	0,809
3	1133,0	1,1%	2,063	6,684	0,607	1,01	1,806	7,278	0,648	1,684
4	1137,0	1,47%	2,261	6,005	0,711	0,23	2,024	6,484	0,263	0,958
5	1156,5	1,22%	1,929	6,301	0,585	0,39	1,749	6,499	0,348	1,171
6	1158,5	0,93%	2,276	6,442	0,554	0,761	2,07	6,49	0,452	1,322
7	1167,5	0,8%	2,2	5,995	0,466	0,672	2,221	6,374	0,356	1,183
Гидрообработка водой										
8	1196,0	1,04%	2,111	6,117	0,473	0,521	1,196	6,231	0,255	0,861
9	1200,6	1,11%	2,125	6,646	0,647	0,834	1,84	6,491	0,435	1,085
10	1202,6	1,31%	2,045	6,08	0,755	0,407	1,948	5,921	0,341	0,592
11	1228,8	1,02%	2,164	6,053	0,621	0,479	2,066	5,887	0,231	0,524
12	1232,5	1,01%	2,323	6,182	0,586	0,867	2,029	6,561	0,55	1,32
13	1234,5	0,95%	2,304	6,53	0,501	0,853	2,203	6,496	0,463	0,873

В результате проведенных шахтных исследований установлено: обработка угольного пласта водным раствором ПАВ и ХАВ, приводит к увеличению влажности угля пластов I<sub>1</sub> K<sub>5</sub> до 2% и более (средний показатель естественной влажности 0,8-0,9%) к отсутствию ГДЯ; обработка угля раствором химически активного вещества интенсифицирует газовыделение метана из угля в процессе гидрообработки.

Авторы выражают благодарность проф. А.Д. Алексееву за методическую и научную помощь при проведении данной работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НАОП 1.1.30-5.06-89., М. 1989., 189 с.
2. Алексеев А.Д., Завражин В.В., Меляков А.Д., Троицкий Г.А. Аппроксимация экспериментальных спектров ЯМР-Н<sup>1</sup> углей. // Физика и техника высоких давлений. - 2002. - т. 12. - №1. - С. 71-77.
3. Завражин В.В., Шевченко Л.В., Троицкий Г.А., Чистоклетов В.И. Исследование взаимодействия антрацита с активными веществами. Сб. научных трудов Геотехническая механика. - Днепропетровск, 2001. - Вып. 27. - с. 77-81.
4. Стариков Г.П., Шевченко Л.В., Чистоклетов В.И. Изменение механических свойств антрацитов под влиянием водных растворов химически активных веществ. Сб. научных трудов Геотехническая механика. - Днепропетровск, 2001. - Вып. 27. - с. 72-77.