

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В.С. Тектоника Донецкого бассейна / Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР.- М.: Госгеолтехиздат, 1963. – Т.1. – С.103-151.
2. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Широков А.З. Выбросоопасность горных пород Донбасса - К.: Наук. думка, 1983. – 288 с.
3. Канана Я.Ф., Матвеев А.К. К вопросу определения палеотемператур осадочных толщ Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел геологический, МГУ, 1986. - Т.61. – Вып.4.- С. 110-119.
4. Мухин Л.М. В нашей галактике – М.: Молодая гвардия, 1983. – 192 с.
5. Браун Д., Массет А. Недоступная Земля - М.: Мир, 1984. - 262 с.
6. Уеда С. Новый взгляд на Землю – М.: Мир, 1980. – 295 с.
7. Вернадский В.И. Кристаллография / Избранные труды. - М.: Наука, 1988. - 344 с.
8. Ферхуген, Дж., Тернер Ф., Вейс Л. и др. Земля: введение в общую геологию - М.: Мир, 1974. – Т.1. - 392 с.
9. Кашпур Я.Н. Изучение и прогнозирование геотермических условий глубоких горизонтов угольных месторождений юго-западной части Донбасса – К.: УкрНИИТИ, 1971. – 47 с.
10. Бендик И.Н. Совершенствование комплекса геофизических методов исследования угольных скважин / И.Н. Бендик, Н.Г. Беленко, Г.Н. Бурда и др. // Отчет по опытно-методическим работам Донецкой геофизической экспедиции в 6-ти томах, Донецк, 1986. – Фонды № 623.
11. Нагорный В.Н., Нагорный Ю.Н. Основные факторы регионального метаморфизма углей / Основные закономерности строения и образования угленосных формаций и методы прогноза угленосности // Под ред. Г.А. Иванова и др., Л.: Недра, 1985. - С. 157-175.
12. Баранов В.А. Микронарушенность кварца песчаников Донбасса в связи с их выбросоопасностью: дис. ... канд. геол.-мин. наук: 04.00.16 / ДГИ. – Днепропетровск, 1989. – 18 с.
13. Магницкий В.А. Внутреннее строение и физика Земли – М.: Недра, 1965. – 379 с.
14. Тяпкин К.Ф., Гонтаренко В.Н. Системы разломов Украинского щита. – К.: Наук. думка, 1980. – 183 с.
15. Планетарная трещиноватость / Под ред. С.С. Шульца.– Л.: ЛГУ, 1973.– 176с.
16. Приходченко В.Ф. Малоампліудна розривна порушеність вугленосної формації Донбасу. – Дніпропетровськ, РВК НГА України, 2002. – 204 с.
// Геотехническая механика. – Днепропетровск. – 2002. – Вып. № 33. – С. 61 – 65.

УДК 622.272.63:622.831.325

Д-р геол.-минерал. наук В.В. Лукинов,
канд. техн. наук А.В. Бурчак,
канд. техн. наук Д.П. Силин,
канд. техн. наук А.П. Петух
(ИГТМ НАН Украины)

ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

Розглянуто вплив гідродинамічної дії на сорбційні властивості кам'яного вугілля. Приведено результати оцінки сорбційної спроможності та швидкості сорбування вугіллям газу. Показано особливості впливу гідродинамічної дії на різних рівнях організації вугілля та вугільного пласта.

THE ENFLUENCE OF THE HYDRODYNAMICAL EFFECT ON THE SORPTION PROPERTY OF THE COAL BED

The influence of the hydrodynamical effects on the sorption property of coal examined. The results of the appraisal sorption method and the speed of sorption the gas by coal. The influence properties the hydrodynamical effects on the different levels of organization the coal and coal bed are observed.

ОП «Шахта им. Ф.Э. Дзержинского» ГП «Дзержинскуголь» и ИГТМ НАНУ проведены работы по гидродинамическому воздействию (ГДВ) с целью дегазации и снижения газодинамической активности угольного пласта l_7^g – «Пугачевка» (гор. 1026 м) в нижней части молотковой лавы № 66.

Идея воздействия – дегазация угольного пласта на заданном участке за счет инициированного управляемого газодинамического явления. Метод предполагает нарушение установившегося равновесного состояния в угольном пласте с использованием знакопеременных нагрузок в совокупности с природными факторами, приводящих к развязыванию газодинамического явления [1]. Воздействие приводит к активной дегазации угля и снижению напряжений в угольном пласте за счет изменений в структуре и свойствах угля.

Цель данной работы – исследовать и оценить влияние гидродинамического воздействия на структуру и свойства угольного вещества на микроуровне.

Мощность пласта l_7^g – 0,81-0,88 м, угол падения – 55°, на всем протяжении выемочного участка выдержан по мощности и строению и состоит из двух пачек угля, разделенных в средней части слоем мягкого чешуйчатого, сыпучего углисто-глинистого сланца мощностью 0,02-0,07 м. Уголь обеих пачек идентичен, мощность верхней пачки составляет 0,23-0,32 м, нижней – 0,42-0,58 м. Уголь полублестящий, слоистый, крепости ниже средней с включением линз сернистого колчедана, хрупкий, разбит разнонаправленными трещинами. Гипсометрия пласта спокойная. Уголь коксующийся – марки Ж. Природная газоносность – 16-17 м³/т г.м., выход летучих веществ 29,6-33,44 м³/т. Крепость угля по шкале проф. Протодьяконова 0,8-1,0, объемный вес – 1,3-1,4 т/м³. Пласт опасен по внезапным выбросам угля и газа, опасный по обрушению угля, опасен по взрывчатости угольной пыли, к самовозгоранию не склонен, по горным ударам не опасен. На контакте с кровлей залегает сланец углисто-глинистый, чешуйчатый, сыпучий, слабый, мощностью 0,01-0,07 м. Наличие углисто-глинистого сланца значительно снижает сцепление пласта с боковыми породами в результате чего возникает возможность самопроизвольного обрушения угля из нависающего массива. В кровле залегает глинистый сланец мощностью 0,6-1,0 м, тонкоплитчатый, межслоевая связь непрочная, плоскости слоев притертые, с зеркалами скольжения, трещиноватый, средней крепости, неустойчивый, предел прочности на сжатие – 275 кг/см², объемный вес – 2,5-2,6 т/м³. Непосредственно у пласта мощностью до 0,40 м сланец сильнотрещиноватый, весьма неустойчивый, обрушается во время выемки угля, образуя ложную кровлю мощностью от 0,2 до 0,55 м. В почве пласта залегает песчано-глинистый сланец мощностью от 0,4 до 1,1 м комковатой текстуры, трещиноватый, плоскости слоев притертые с остатками ископаемой флоры, неустойчивый, средней крепости, при водонасыщении склонен к вспучиванию и скалыванию на мощность 0,1-0,3 м. Основная почва

повсеместно представлена песчаником мощностью более 10 м, мелкозернистым, грубослоистым, слюдистым, трещиноватым, крепким, устойчивым с пределом прочности на сжатие 1580 кг/см^2 . Песчаник опасен по внезапным выбросам породы и газа. Разрывных нарушений на поле участка нет. Встречаются зоны с неустойчивыми боковыми породами.

Отработка пласта осуществляется с опережающей отработкой пласта m_3 – «Толстый» не менее 40 м. Створы при отработке пласта отсутствуют. Откаточный штрек полевой, проводится в почве пласта на расстоянии не менее 5,0 м от последнего по нормали. Отработка пласта осуществляется потолкоуступами. Опережение нижней печи по отношению к уступу № 1 составляет не менее 20 м.

Для проведения гидродинамического воздействия на угольный пласт через породную пробку из полевого откаточного штрека бурились технологические скважины (рис. 1).

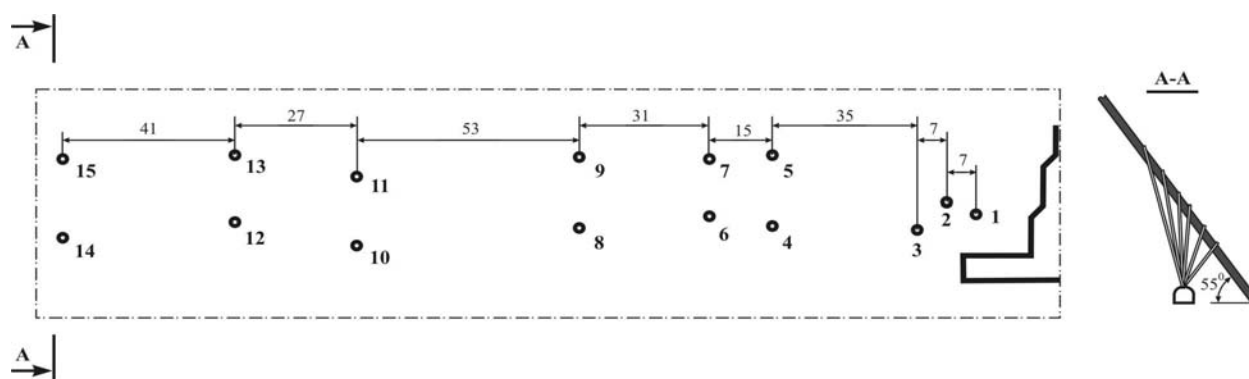


Рис. 1 – Расположение технологических скважин ГДВ по пласту l_7^6 в нижней части молотковой лавы № 66

Бурение скважин осуществлялось в три этапа:

- бурение скважины диаметром 76 мм с перебуриванием пласта;
- разбуривание скважины диаметром 76 мм до диаметра 96 мм с перебуриванием пласта;
- разбуривание скважины диаметром 96 мм до диаметра 150 мм на глубину герметизации не менее 5 м.

Скважина на глубину разбуривания обсаживалась отрезками стальных труб с наружным диаметром 104 - 112 мм, а затрубное пространство заполнялось песчано-цементным раствором при помощи сжатого воздуха.

Давление нагнетания воды при проведении воздействия находилось в пределах 7 МПа. Время сброса давления на устье скважины не превышало 0,1 с. Количество извлеченного из одной скважины угля достигало 9 т, а объем выделившегося метана – 22 тыс. м^3 .

В дальнейшем, при проведении очистных работ, на этом участке был проведен пробоотбор с целью оценки влияния гидродинамического воздействия на структуру и свойства угольного вещества.

Исследования влияния гидродинамического воздействия на структуру и свойства угольного вещества на микроуровне, проводились методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) с использованием компьютерной системы управления спектрометром, сбора и обработки информации. Разработанная в ИГТМ НАНУ методика проведения эксперимента [2, 3] представляет собой алгоритм исследования парамагнитных свойств угля в системе с газом в стабильных условиях и при изменении давления. Суть методики состоит в регистрации процесса перехода системы из стабильного состояния при нормальных условиях в другое стабильное состояние после возмущающего воздействия давлением. О свойствах вещества и его структуре судят по кинетическим характеристикам процесса взаимодействия угля и газа. Степень дегазации угольного пласта оценивают по изменению предельной сорбционной способности вещества (α) исходя из содержания в угле парамагнитных центров (ПМЦ) способных вступать в физическое (сорбционное) взаимодействие с молекулами парамагнитного газа при повышении давления.

Пробы угля отбирались на двух участках пласта l_7^e подвергшихся ГДВ и находящихся на расстоянии примерно 120 м один от другого. Фоновые значения предельной сорбционной способности угля пласта l_7^e были определены на этой же шахте по результатам исследования четырех проб отобранных вне зоны влияния гидродинамического воздействия. Значения показателя α для этих проб находятся в пределах (11,6 – 14,3 мл/г).

Распределение предельной сорбционной способности (ПСС) угля на первом участке пласта l_7^e после проведения ГДВ представлено на рис. 2. На данном участке воздействие было проведено в три этапа, поочередно на трех технологических скважинах. На скважине № 1 при проведении ГДВ был получен интенсивный выход газа и угольной мелочи в объеме 4,6 т. На второй скважине подобного эффекта достичь не удалось. На технологической скважине № 3 ожидаемый эффект был достигнут при более низких параметрах воздействия, но быстрее и интенсивней чем на первой. Из скважины было извлечено около 7,0 т угля.

Известно, что в результате гидродинамического воздействия, происходит разрушение структуры угольного пласта, которое сопровождается десорбцией метана. Нагнетаемая вода вытесняет метан из сорбционного объема угля. При сбросе давления вода и газ разрушают угольный пласт [1]. Продукты разрушения под действием давления перемещаются к скважине и частично выносятся из пласта. Десорбция газа и воды приводит к очистке поверхности угля и, следовательно, к увеличению предельной сорбционной способности угля по отношению к фоновым значениям.

Одновременно, на надмолекулярном уровне проведение гидродинамического воздействия приводит к снижению концентрации парамагнитных центров в угольном веществе и уменьшению содержания в угле активных ПМЦ, способных к физическому взаимодействию с газом. В результате применения ГДВ предельная сорбционная способность угольного вещества снижается.

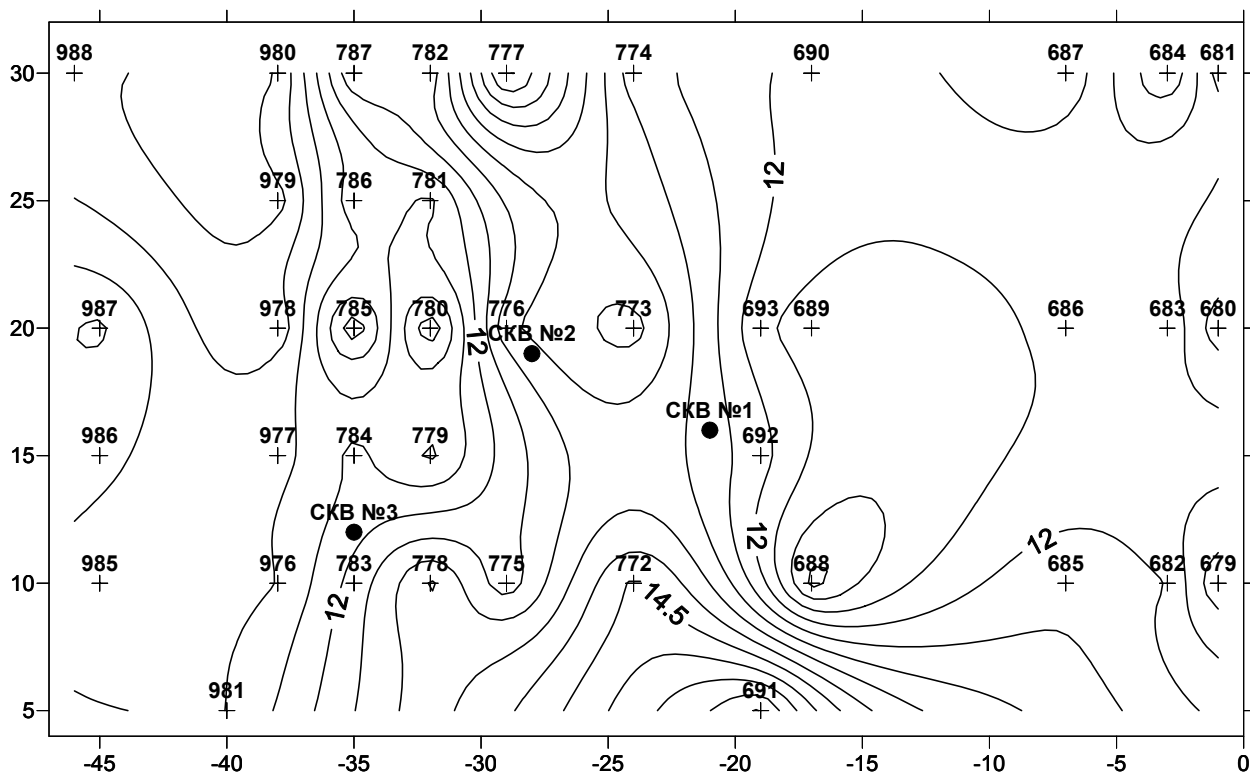


Рис. 2 – Распределение предельной сорбционной способности углей на участке № 1 пласта l_7^6 нижней части молотковой лавы № 66

Из-за крутого падения пласта фильтрация и вынос угольной мелочи вместе с рабочей жидкостью и газом эффективно проходит только из части пласта расположенной над скважиной. На рис. 2 эти потоки представлены параллельными изолиниями, вытянутыми по падению пласта. Ниже технологических скважин накапливаются продукты разрушения с сорбционной способностью близкой к фоновым значениям (13,0-15,0 мл/г). В зоне выше по восстанию пласта над технологической скважиной № 3 значения предельной сорбционной способности минимальны для всего пробоотбора по пласту (8,0-10,0 мл/г). На этом участке параллельно с разрушением угля и активной десорбцией газа проходят изменения в микроструктуре угольного вещества. Об изменении в молекулярной структуре и надмолекулярной организации вещества говорит снижение концентрации ПМЦ и уменьшение ширины сигнала [4]. Снижение этих показателей позволяет утверждать, что угольное вещество «очистилось» от неупорядоченной алифатической составляющей вещества, так называемой «бахромы», дающей широкий спектр ЭПР. Это снижение произошло либо в результате отрыва от устойчивого ароматического ядра макромолекулы функциональных групп и фрагментов молекул радикальной природы. Либо в результате стабилизации свободных радикалов различными ионами, содержащимися в рабочей жидкости [5]. В пользу стабилизации говорит факт снижения в угле концентрации ПМЦ и процентного содержания парамагнитных центров, способных к физическому взаимодействию с газами [4]. При этом ширина сигнала ЭПР уменьшается, следовательно, в веществе повышается процентное содержание конденса-

рованной ароматической составляющей с высоким обменным взаимодействием неспаренных электронов. Таим образом, можно утверждать, что в непосредственной близости к скважинам при проведении ГДВ одновременно идут процесс разрушения угольного пласта на макроуровне и деструкции вещества с образованием новых химических соединений.

Продукты деструкции макромолекулярных образований или физико-химического разрушения (ФХР) угля легко выносятся с водой и газом из скважины в виде тонкодисперсной угольной взвеси («пены»). Исследования проб «пены» методом ЭПР зафиксировали широкую линию поглощения характерную, для неупорядоченной алифатической части угольного вещества [4]. Минимальные значения предельной сорбционной способности также были зафиксированы в пробах «пены» (7,0 - 8,0 мл/г).

Результаты ситового анализа угольного материала «пены» и пробы, отобранной вне зоны влияния ГДВ («опорной»), представлены на рис. 3.

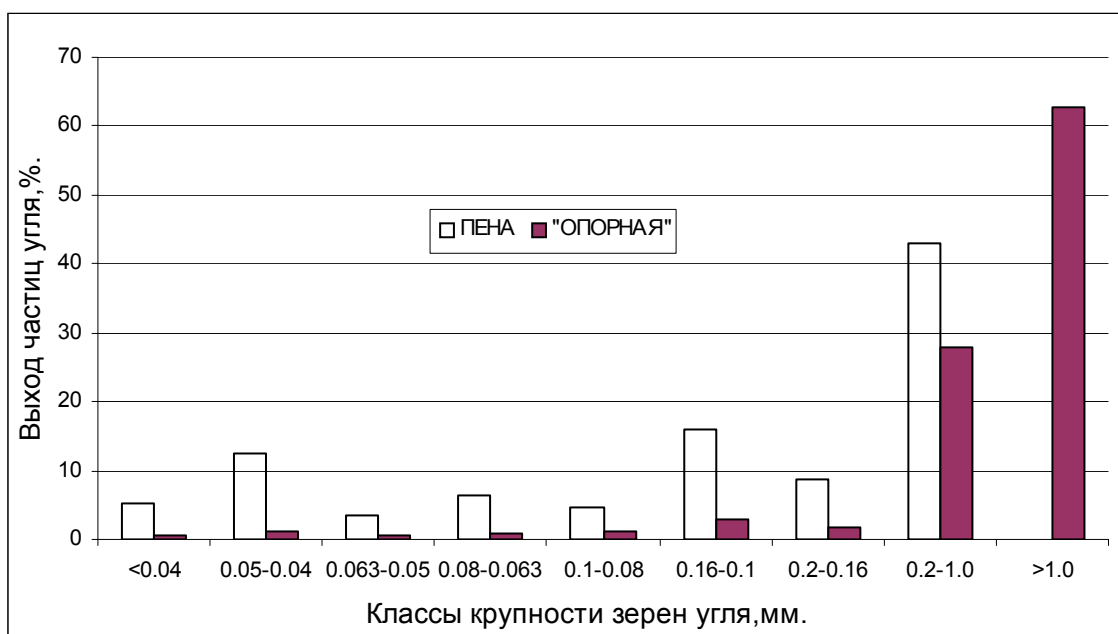


Рис.3 – Перераспределение продуктов разрушения углей по классам крупности зерен

На приведенной гистограмме видно, что при рассеивании проб «пены» наблюдается резкое увеличение выхода угольных частиц мелких классов крупности (менее 0,05 мм). Сухим рассеиванием угольной пробы невозможно разделить этот класс крупности зерен на более мелкие. Однако предварительные результаты петрографических исследований позволяют утверждать, что часть угольного вещества выброшенной «пены» измельчена до «коллоидных размеров» ($10^{-7} - 10^{-9}$ м), характерных для ФХР.

На рис. 4 представлено распределение предельной сорбционной способности угля пласта l_7^g на втором участке.

Пробы отбирались в зоне влияния двух технологических скважин. На обеих скважинах был достигнут интенсивный выход газа и угольной мелочи (5,0 т и

6,5 т). Из анализа рис. 4 видно, что характер влияния ГДВ на втором участке угольного пласта аналогичен эффекту на первом участке. Проведенные воздействия обусловили формирование вокруг скважин зон, ограниченных изолиниями ПСС вытянутыми по падению пласта. Между ними примерно в 15-20 метрах от штрека по восстанию находится участок сноса уцелевших кусочков угля, не претерпевших ФХР, со значениями предельной сорбционной способности близкими к фоновым.

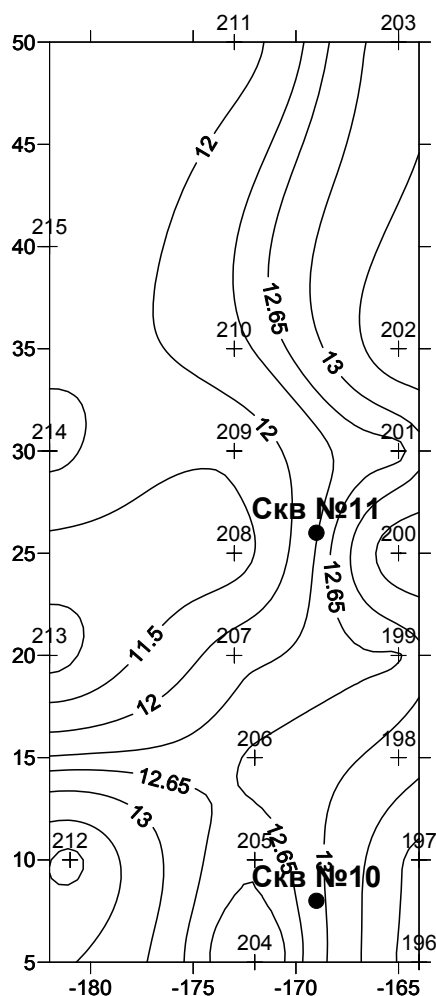


Рис. 4 – Распределение предельной сорбционной способности углей на участке № 2 пласта l_7^g нижней части молотковой лавы № 66

Полученные результаты хорошо согласуются с выводами, приведенными в работах [6, 7] где указывается на возможность физико-химического разрушения угля при технологическом воздействии на угольный пласт. При этом эффект наблюдается на микроуровне и может вызываться низкомолекулярными веществами, то есть веществами способными образовывать с углем водородную связь. Отмечается также существенная роль давления газа в процессе физико-химического разрушения угля и подчеркивается возможность инициирования процессов диспергирования дополнительными полями напряжений, возникающими при проведении ГДВ. Авторы этих работ считают возможной активиза-

цию процесса разрушения за счет различных химических веществ, растворенных в технической воде, которой проводится воздействие. Результатом и одним из признаков физико-химического разрушения является образование угольных частиц «коллоидных размеров» ($10^{-7} - 10^{-9}$ м).

Проведенный по результатам измерений расчет показателя скорости сорбирования (U_{α}) [8] показал, что для угольного вещества проб, отобранных вблизи технологических скважин, процесс поглощения углем газа замедляется на 20-30 % по отношению к значениям полученным для проб угля, отобранных вне зоны воздействия. Снижение значений показателя U_{α} является следствием переноса частиц угля с различными или измененными сорбционными свойствами. С потоком воды и газа из зон вблизи скважин вынесены наиболее нарушенные угольные частицы. Таким образом, в районе скважин остался уголь крепкий, малонарушенный с пониженной скоростью сорбирования. А в пробах отобранных в местах скопления продуктов разрушения уголь обогащен частицами с высокой нарушенностью и, соответственно с высокой скоростью сорбирования.

Выводы:

1. При проведении гидродинамического воздействия в угольном пласте одновременно проходит разрушение угольного пласта и деструкция угольного вещества на микроуровне.

2. На снижение газодинамической активности угольного пласта существенное влияние оказывает деструкция угольного вещества угля и интенсификация десорбции газа из разрушенного угля.

3. В результате ГДВ в угольном веществе происходит перестройка надмолекулярной организации, что обуславливает уменьшение предельной сорбционной способности угля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты / А.Ф. Булат, К.К. Софийский, Д.П. Силин, Э.И. Мучник, Е.Г. Барадулин, Д.М. Житленок, В.Н. Жмихов, Е.А. Воробьев, А.П. Калфакчиян. – Днепропетровск, 2003. – 220 с.
2. Лукинов В.В., Гончаренко В.А., Бурчак А.В. Перспективы определения сорбционных свойств угля методом электронного парамагнитного резонанса // Уголь Украины. –2001. –№6. – С. 44–46.
3. Способ анализа углей методом ЭПР: А.с. 1679325 СССР, МКИ⁴ G 01N 24/10. / А.С. Поляшов, А.В. Бурчак, В.Е. Забигаило, Н.И. Насос. (СССР).– № 4691698; Заявл. 3.03.92; Опубл. 25.08.92, Бюл. №12.– 3 с.
4. Бурчак А.В. Исследование влияния гидродинамического воздействия на угольный пласт на микроуровне / А.В. Бурчак, Д.П. Силин, В.К. Слободяникова // Геотехнічна механіка. – Дніпропетровськ. – 2006. – Вип. № 67. – С. 137–143.
5. Нонхибел Д. Химия свободных радикалов / Д. Нонхибел, Дж Уолтон. - М.: Мир.- 1977.- 606 с.
6. Репка В.В. Прикладная физико-химическая механика углепородных массивов / В.В. Репка – К.: Наук. думка, 1991. – 139 с.
7. Забигаило В.Е. Физико-химические методы управления состоянием угольно-породного массива / В.Е. Забигаило, Ю.Ф. Васючков, В.В. Репка. – К.: Наук. Думка, 1989. – 191 с.
8. Лукинов В.В. Об оценке скорости десорбции газа из углей / В.В. Лукинов, А.В. Бурчак // Геотехнічна механіка. – Дніпропетровськ. – 2005. – Вип. № 53. – С. 170–173.