

ределяющей выступает на первый план палеоглубина (максимальная глубина на которую опускался конкретный слой пород в процессе эпигенеза).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукинов В.В., Баранов В.А. Микронарушенность минералов - показатель напряженно-деформированного состояния горных пород // Уголь Украины, 1991. - №7. - С. 58-59.
2. Чередищенко А.И. Тектонофизические условия минеральных преобразований в твердых горных породах. - К.: Наук. думка, 1964. - 184 с.
3. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. - М.: Прогресс, 1986. - 432 с.
4. Иванов Г.А., Сарбеева Л.И. Кливаж (отдельности) в углях и вмещающих породах и пути его практического использования. - Л., М.: Гос. науч. - техн. изд-во нефт. и топлив. материалов, 1940. - С. 1-54.
5. Баранов В.А. Определение пикней и верхней границ выбросоопасности пород // Уголь Украины, 1999. - №2. - С. 38-40.

УДК 622.831.322

В.Г. Колесников, С.Ю. Андреев, С.Ю. Макеев

### ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ, ИЗМЕНЯЮЩИХ СОСТОЯНИЕ ГОРНОГО МАССИВА С УЧЕТОМ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Проведені шахтні дослідження показали можливість керування станом гірничого масиву шляхом фізико-хімічної дії. Уточнена роль зовнішніх дій в зв'язку з неоднозначним впливом газового фактору на властивості масиву. Це доповнює уяву про можливість цілеспрямованого використання способів впливу на вугілля та породу різних технологій.

В последние годы все больший вес приобретает использование профилактических мероприятий для управления состоянием и свойствами угольно-породного массива. Как показали недавние случаи катастрофических проявлений сил горного и газового давления, производство страдает не только от отказа от обязательных способов воздействия на массив, но и от неправильного их применения. Это влечет за собой большие материальные и трудовые затраты и резко снижает рентабельность деятельности предприятия. Разработки последних лет, особенно зарегистрированные в горной науке открытия по закономерностям разрушения горных пород, показывают, что наибольший эффект в изменении состояния среды дают мероприятия комплексно воздействующие на свойства и структуру массива. Они взаимодополняют друг друга, технологичны, не прерывают основной цикл работ. Такой подход позволяет с большей надежностью снизить вредные факторы горного и газового давления, повысить объемы добычи и ее эффективность.

Некоторое время назад в ИГТМ НАНУ были проведены шахтные измерения напряжений во вскрываемом в зоне геологического нарушения угольном пласте в процессе всего цикла ведения работ по его физико-химической обработке (ФХО). Измерения проводились при вскрытии пласта  $m_2$  "Тонкий" (мощность 0,45...0,50 м, угол падения 52...54°) забоем флангового квершлага, горизонт 970м, шахта "Кочегарка" ПО «Артемуголь». Вскрытие осуществлялось примерно в 8 м от мелкоамплитудного геологического нарушения, что вполне соответствует зоне его влияния. Обработка пласта проводилась по традиционной технологической схеме поочередной закачкой химического состава в семь нагнетательных скважин, пробуренных равномерно по контуру выработки и

полностью перебуриваемых пласт. В середине забоя по оси квершлага бурилась контрольная скважина диаметром 45мм. Рабочей жидкостью служил водный раствор полимера, способный укрепить перемятый, препарированный уголь в зоне нарушения. Так как при нагнетании концентрированных растворов полимеров в малопрочные пласты угли упрочняются, а при нагнетании разбавленных твердеющих растворов в прочные пласты преобладают эффекты пластификации и предел прочности несколько снижается, то обработка углей крепителями может являться одновременно пластифицирующей и упрочняющей [1]. Именно поэтому для зон геологических нарушений с аномально меняющейся однородностью и проницаемостью угля в пределах одного и того же участка в качестве рабочей жидкости необходимо использовать полимерные композиции на основе мочевино-формальдегидных смол. Измерение напряженно-деформированного состояния вскрываемого пласта проводилось с помощью искробезопасного измерителя деформаций ИИД-3 и электротензометрического деформометра ДП-8 конструкции ИГД СО РАН.

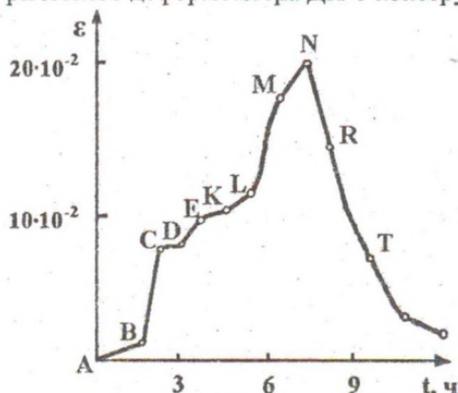


Рис.1 — Изменение относительных вертикальных деформаций за время ФХО

На рисунке 1. приведены относительные вертикальные деформации вскрываемого пласта  $m_2$  при ФХО. График вертикальных смещений более показателен, поскольку, по нашему мнению, здесь датчик измеряет деформации по напластованию угля, а значит, в области более вероятного распространения естественных и создаваемых искусственных трещин при бурении и закачке химического состава. Нулевое значение графика соответствует моменту подготовки датчика к работе, т.е. началу отсчета смещений в нетронутым угольном пласте.

Небольшой рост смещений (т.А - т.В) соответствует почти полуторачасовому бурению нагнетательных скважин. Далее в течение почти 8 ч проходила закачка раствора. Измерение смещений осуществлялось в моменты нагнетания в каждую скважину и в промежутки времени перед нагнетанием в соседнюю скважину. Время нагнетания по всем скважинам было различным, так как окончание закачки в конкретную скважину фиксировалось моментом проникновения жидкости в соседнюю или контрольную скважину, который контролировал тем самым эффективность ФХО. Кроме того, для каждого отдельного отрезка измерений наблюдалось неодинаковое изменение (в данном случае рост) деформаций (например, резкое от т.В до т.С и почти незаметное в промежутке т.С - т.Д). Скорее всего это говорит о различной степени проникновения жидкости в уголь в области влияния каждой скважины. Наблюдался различный расход жидкости по скважинам, в общем случае меньший в 2...3 раза по сравнению с

расходом реагента на ранее вскрываемых участках ненарушенных угольных пластов.

Почти на всем протяжении ФХО наблюдался рост деформаций (отрезок т.В - т.Н), что свидетельствует об общей внутрискелетной пластификации угля. И только на последнем отрезке закачки (т.Н - т.Р) относительные смещения начали уменьшаться, так как происходило постепенное затвердевание раствора, рассчитанное в условиях данного эксперимента на 6...7 часов. Начало проявляться укрепляющее действие полимера на макроструктурном уровне на обрабатываемом участке, хотя и закачка в последнюю скважину еще продолжалась.

Пласт  $m_2$  вскрыт в режиме сотрясательного взрывания, полным сечением, без выбросов угля и газа и высыпаний угля. ФХО показала свою эффективность при вскрытии крутых выбросоопасных пластов в зоне влияния геологического нарушения.

Расход жидкости при нагнетании в зоне влияния геологического нарушения с препарированным, зажатым углем составил 1,8...5,2 л/мин, что 2...3 раза ниже, чем в ненарушенных зонах. Изменились механические и газодинамические свойства пласта в сторону снижения выбросоопасности: разрушаемость угля снизилась с 9...10 до 3,3...4,6 мм<sup>-1</sup>, скорость газовыделения снизилась с 0,33...0,23 л/мин до 0; давление газа упало с 3,7...6,5 до 0,6...0,8 МПа.

Однако, ряд последних выбросов угля и газа на шахтах Донбасса подтвердили факт, что для устранения опасности динамических явлений необходимо в некоторых случаях и разупрочнять массив, приводя тем самым к ослаблению действия горного давления - снижению напряженного состояния и дегазации массива за счет более развитой в результате разупрочнения сети фильтрационных каналов. Большую роль имеет уровень разупрочнения в соответствии со структурной иерархией, зависящей от глубины работ и параметров воздействия. На сравнительно малых глубинах это может быть уровень субмакротрещин, на значительных - микродефектов. Связаны такие уровни как с условиями разрушения, так и с существованием в угле промежуточной между жидкой и газовой фазами состояния метана - газожидкостной фазы. Последняя имеет, как показали исследования ИПКОН РАН, высокую способность к лавинообразным мгновенным переходным процессам, которые сопровождаются «разжижением» среды. Причем, газожидкостная фаза обладает в стесненном состоянии на один-два порядка выше потенциальной энергией (за счет фазовых переходов), чем свободный газ и угольное вещество. В таких условиях управляемое ее освобождение различными воздействиями, прежде всего направленными на контролируемое и ограниченное «дозированное разжижение» угольного массива, является задачей первостепенной важности.

Анализ условий разрушения и структурных изменений в виде образования и развития трещин позволил получить достаточно простую зависимость, связывающую действующие на систему силовые факторы (горное давление -  $\sigma_0$ , давление флюида -  $\sigma_f$ , активное технологическое воздействие с напряжениями

$\sigma_{в}$ , свойства среды и характерный линейный размер структурных изменений -  $a$ ):

$$\sigma_{в} = \sigma_0 - \sigma_{\phi} - \sqrt{\frac{1-2\nu}{Ec^3} \sqrt{\left(\frac{2E\gamma_0}{\pi a}\right)^3}}$$

где  $E, \nu$  – модуль упругости и коэффициент Пуассона для пород;  $\gamma_0$  – поверхностно-активная энергия;  $c$  – постоянная (для сухих пород  $c \approx 50$ ). Формула показывает, что в случае насыщения среды газом под высоким давлением ( $\sigma_{\phi}$  сравнимо с  $\sigma_0$  и  $\sigma_0 - \sigma_{\phi} \rightarrow \delta$ ,  $\delta$  – малая величина) воздействие должно быть минимально ограниченным, не вызывающим лавинного разрушения. При насыщении пористой среды жидкостью ( $\sigma_{\phi} \rightarrow \delta$  и  $\sigma_{в} \rightarrow \sigma_0$ ) воздействие для интенсивного разрушения должно быть на уровне горного давления. Например – вибровоздействие, представляющее собой слабую малоцикловую нагрузку импульсно-волнового характера, в газонасыщенной среде приводит к разупрочнению. Сжатый газ не способствует при структурных изменениях устойчивому разрушению. При совместном использовании ФХО и вибрации достигается еще большая пластификация за счет дополнительного изменения структуры и ее заполнения жидкостью. В этом случае химические реагенты пластифицируют вещество и блокируют даже при фазовых переходах газожидкостную среду в системе трещин и пор (в зависимости от концентрации реагентов можно регулировать упрочнение на макроуровне и пластификацию на микроуровне).

Таким образом, динамика изменения структуры в системе трещиновато-пористой насыщенной среды при изменении ее состояния под действием комплекса силовых факторов участвует в формировании определенного характера деформирования и разрушения. Этот факт необходимо учитывать как в прогнозной оценке ожидаемых в процессе ведения горных работ явлений, так и при определении рациональных технологических параметров воздействия на массив. Представленная зависимость, требующая еще своего дальнейшего уточнения в направлении учета фазовых изменений и фактора времени, позволяет проводить указанные оценки и устанавливать необходимость использования тех или иных профилактических мероприятий совместно или поочередно для различных условий угольных шахт.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Репка В.В. О физико-химических способах управления состоянием горного массива // Уголь Украины. - 1984. - № 11. - С.13-14.