

В.С. Кулинич,
ИГТМ НАН Украины,
С.В. Кулинич,
ПО «Артемуголь»

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ГАЗООТДАЧУ МЕТАНОНОСНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Викладені результати наукових досліджень впливу напруженого стану вуглепородного масиву на газовіддачу метаноносних гірських порід.

Угольные месторождения Украины содержат более 100 млрд тонн каменного угля и около 25 трлн м³ газа, размещенного в угольных пластах, пропластках и вмещающих породах [1]. Известно, что газоотдача углепородного массива и степень его дегазации зависят от ряда природных и технологических факторов, в частности, от напряженно-деформированного состояния природных коллекторов. Выполненным ИГТМ НАНУ комплексом теоретических и экспериментальных исследований определены основные параметры напряженного состояния метаноносных пород, численные значения и пределы изменения их газоотдачи в горногеологических условиях глубоких горизонтов Донецко-Макеевского и Центрального районов Донбасса при естественном напряженном состоянии углепородных массивов и в зонах влияния отработки угольных пластов [2].

С использованием разработанных способов и оборудования [2—4] локального гидроразрыва в 15 глубоких шахтах Донбасса определено, что напряженное состояние горных пород на горизонтах 500—1200 м характеризуется разнокомпонентным характером распределения главных напряжений. Вне зоны влияния очистных работ численные значения вертикальной составляющей действующего поля напряжений изменялись в пределах 18—32 МПа, что примерно соответствует гравитационному уровню напряжений на исследуемых глубинах. Большею по величине в 1.5—2.5 раза, как правило, является одна из горизонтальных компонент тензора напряжений, тогда как вторая горизонтальная компонента на 20—30 % меньше вертикальной составляющей. Пространственная ориентация большей горизонтальной составляющей поля напряжений в различных геологических регионах может изменяться от субширотной до субмеридиальной, располагаться па-

раллельно одному из элементов напластования пород, совпадать с основным направлением зон трещиноватости.

Учитывая, что основными породными коллекторами метана в угленосных толщах глубоких горизонтов являются песчаники, выполнены детальные исследования их фильтрационных свойств в лабораторных и шахтных условиях. Результаты определения газовой проницаемости на установке УИПК-1м показали, что коэффициенты газопроницаемости при изменении гидрообжима в кернодержателе от 1 до 60 МПа при входном давлении газа до 1 МПа снижаются по экспоненциальной зависимости на 1—3 порядка, достигая численных значений (0.1—0.4) фм². Это обуславливается уплотнением породы при гидростатическом сжатии боковых поверхностей испытываемых образцов, перекрытием или существенным уменьшением сечений магистральных трещинно-поровых каналов.

Для изучения фильтрационных свойств газоносных пород при разнокомпонентном напряженном состоянии в институте разработаны способ и методика определения газовой проницаемости на крупногабаритных породных образцах с возможностью изменения в широком диапазоне задаваемой разнокомпонентной внешней нагрузки, моделирующей реальное напряженное состояние породного массива [2]. Определено, что изменение не только величины, но и соотношения главных составляющих внешней нагрузки влияет на фильтрационные параметры испытываемых породных образцов. В частности, увеличение разнокомпонентности боковой (относительно направления движения газа) внешней сжимающей нагрузки существенно (в несколько раз) увеличивает пропускную способность газового коллектора [2]. Обобщением результатов выполненных лабораторных и шахтных исследований установлено, что газовая проницаемость горных пород при прочих равных условиях минимальна в равнокомпонентном поле сжимающих напряжений и закономерно возрастает с увеличением разнокомпонентности внешней нагрузки. Превалирующее значение при этом оказывает степень разнокомпонентности главных составляющих поля напряжений, ортогональных движению газового потока.

Натурные исследования параметров газоотдачи метаноносных, опасных по возникновению газодинамических явлений песчаников глубоких шахт, при различном напряженном состоянии углепородного массива, изменяющегося в процессе отработки защитных угольных пластов, выполнены в условиях шахт им. К.И. Поченкова (ПО «Макее-

уголь»), им. А.А. Скочинского (ПО «Донецкуголь»), им. Ю.А. Гагарина (ПО «Артемуголь»). Определено, что удельный дебит метана в дренирующие скважины и газопроницаемость метаноносных песчаников вне зоны влияния очистных работ имеют весьма низкие значения, изменяющиеся в пределах $(0.1—0.25) \text{ см}^3/(\text{с. дм}^2)$, а осредненные численные значения коэффициентов газопроницаемости составляют $(0.45—16) \cdot 10^{-6} \text{ фм}^2$.

Анализ экспериментальных исследований, выполненных с учетом пространственного расположения измерительных скважин относительно направления главных компонент внешнего поля напряжений, показал, что фильтрационные характеристики газовых коллекторов снижаются при ориентации продольной оси измерительных скважин в направлении большей компоненты поля напряжений. В частности, проницаемость околоконтурной зоны в скважинах вышеуказанной ориентации оказались в 1.5—5 раз ниже, чем в аналогичных зонах скважин, ориентированных ортогонально большей главной составляющей внешнего поля напряжений. Указанная анизотропия объясняется различными условиями деформирования и разгрузки приконтурной части породного массива в зависимости от пространственного расположения скважин относительно главных компонент тензора напряжений. Полученные данные о взаимосвязи фильтрационных параметров породного массива с величиной и характером распределения главных компонент внешнего поля напряжений согласуются с вышеприведенными результатами лабораторных исследований проницаемости пород при объемном напряженном состоянии.

Для оценки взаимосвязи между изменением напряженно-деформированного состояния и фильтрационными параметрами газоносных пород выполнены комплексные экспериментальные исследования при пластовой надработке выбросоопасных песчаников m_2Sm_3 и $h_5Sh'_6$ разгрузочными лавами по пластам m_3 — «Макеевский» и h'_6 — «Смоляниновский».

Методика проведения работ включала измерение давления газа и параметров газоотдачи в нетронутом массиве и зонах опорного давления, разгрузки и уплотнения пород. Осуществляли инструментальные наблюдения за изменением напряженно-деформированного состояния и механических свойств надрабатываемого массива. В зоне опорного давления отмечены колебания газоотдачи, несколько превышающей ранее стабилизированный уровень. Это объясняется трещинообразованием массива от действия волны опорного давления.

Резкое увеличение фильтрационных показателей происходило в зоне разгрузки, начиная с расстояния 5—10 м до подхода очистной выработки к замерным станциям вплоть до удаления ее проекции на 15—35 м. Газоотдача массива в указанном интервале возросла в десятки и сотни раз, достигая 4500—5000 см³/ч.дм² дренирующей поверхности измерительных скважин. Резко активизировалось метановыделение также и с боковых поверхностей надрабатываемых горных выработок.

Проводимыми одновременно с фильтрационными исследованиями измерения параметров напряженно-деформированного состояния надрабатываемого массива показали, что в рассматриваемой зоне происходило скачкообразное изменение знаков деформаций пород относительно предыдущей зоны опорного давления. В результате деформаций растяжения массива в сторону выработанного пространства и соответственно снижения уровня сжимающих его напряжений увеличивалась пропускная способность существующих и вновь образованных фильтрационных каналов. Рассчитанные по увеличенному дебиту газа коэффициенты проницаемости частично разгруженных от напряжения породных зон увеличились на 2—3 порядка, достигая ($2 \cdot 10^{-2}$ — $4 \cdot 10^{-3}$) фм², что количественно сопоставимо с лабораторными значениями газопроницаемости разгруженных породных образцов. Следует отметить, что аналогия изменения напряженно-деформированного состояния в надработанных зонах и сопутствующее резкое увеличение фильтрационных параметров газоносного массива наблюдалось при различных схемах отработки разгрузочных лав относительно элементов залегания горных пород и расположения измерительных скважин. Значительное снижение параметров газоотдачи в последующей зоне обусловлено интенсивной дегазацией надработанного массива, а также некоторой его пригрузкой за счет уплотнения обрушенных пород в выработанном пространстве разгрузочных лав.

Таким образом, в результате выполненных комплексных исследований изучены фильтрационные свойства метаноносных песчаников в нетронутым углепородном массиве и в зонах влияния очистных работ. Установлена тесная взаимосвязь между напряженным состоянием породного массива и его фильтрационными характеристиками. Определено, что в зонах частичной разгрузки массива от напряжений скорость фильтрации и газоотдача коллекторов возрастают на 1—3 порядка. Сопоставление известных способов интенсификации газоотда-

чи метаноносных песчаников (гидроразрыв, нагнетание жидкости в массив, взрывные работы и др.) показало [2], что региональная отработка угольных пластов является наиболее эффективным техническим мероприятием, способствующим практически полному извлечению метана из газовых коллекторов угольных шахт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф. Создание индустрии шахтного метана в топливно-энергетическом комплексе Украины // Геотехническая механика: Межведомств. сборник научных трудов.— Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины.— 1998, вып. 10.— С. 3—8.

2. Кулинич В.С., Шевелев Г.А., Егоров С.И. Методы и средства определения параметров геомеханического состояния газоносного породного массива.— Донецк: ЦБНТИ, 1994.— 202 с.

3. Кулинич В.С. Теоретические и экспериментальные аспекты измерения напряжений в массиве горных пород гидравлическим разрывом // Исследование напряжений в горных породах.— Новосибирск, 1985.— С. 67—74.

4. Кулинич В.С. Оборудование и аппаратура для измерения напряжений в массиве горных пород способом гидравлического разрыва // Уголь, 1988, № 10.— С. 32—33.

УДК 551. 24:622.324.5

Л.И. Пимоненко, Н.Э. Капланец,
ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск

ВЛИЯНИЕ ТЕКТониКИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОВ В МАССИВЕ

Запропоновані кількісні показники, які оцінюють палео- та сучасну регіональну дислокованість родовищ і показан їх зв'язок з розподілом газу в масиві.

В настоящее время добыча угля в Донецком бассейне снизилась больше чем в три раза. Из 252 шахт — 120, в связи с нерентабельностью, должны будут завершить свою деятельность. При закрытии шахт во многих районах Донбасса наблюдаются негативные явления, обус-