

УДК 622.236:539.375

## **ВЛИЯНИЕ ГАЗОНАСЫЩЕНИЯ НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОБЪЕМНОМ НАГРУЖЕНИИ**

**Ревва В. Н.**

*(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)*

*Оцінено вплив газонасичення гірських порід на їхні фізико-механічні властивості в умовах об'ємного навантаження.*

*The influence of gas pickup of rocks on their physical and mechanical properties is evaluated in conditions of volume loading.*

Наличие пор и трещин в горных породах предопределяет возможность заполнения их различными жидкостями и газами, которые оказывают физико-химические и чисто механические воздействия на физико-механические свойства пород. [1].

В процессе закрытия старых, нерентабельных шахт предусмотрена их мокрая консервация. При водонасыщении нарушенного горного массива молекулы метана в виду их большей подвижности будут вытесняться водой [1], что приведет к дополнительному газонасыщению верхних слоев горных пород.

Поэтому наряду с экологическими вопросами всё большую актуальность приобретает оценка влияния метанонасыщения горных пород на деформирование и разрушение их в условиях объемного неравнокомпонентного нагружения, а, следовательно, и на процессы сдвижения земной поверхности.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния газонасыщения метаном на деформирование и разрушение песчаников и углей при объемном неравнокомпонентном сжатии.

В процессе экспериментов использовались методики механики разрушения и установка трехосного неравнокомпонентного сжатия (УНТС) [1].

Исследования влияния газонасыщения на эффективную поверхностную энергию (ЭПЭ) позволили установить следующее. При насыщении метаном песчаников с карбонатным цементом изменения ЭПЭ незначительны, а время насыщения составляет 5-6 часов. Для песчаников с силикатным цементом метанонасыщение уменьшает ЭПЭ до 4 раз, т.е. сопротивляемость (трещиностойкость) породы развитию в ней трещин снижается очень существенно, а газонасыщение происходит через 10-12 часов.

В случае отсутствия воды в песчанике метан существенно уменьшает его ЭПЭ, но не так сильно как вода. При совместном воздействии вода, в силу большей энергии сорбции по сравнению с метаном, изолирует внутреннюю поверхность породы, поэтому основная масса метана находится в свободном состоянии. [1].

Из экспериментальных исследований газонасыщенных песчаников в объемном неравнокомпонентном поле сжимающих напряжений установлено, что метанонасыщение увеличивает упругие свойства песчаников, инициирует развитие трещин по всему объему, а разрушение носит динамический характер.

Экспериментальные исследования влияния газонасыщения на деформирование и разрушение углей в условиях объемного неравнокомпонентного нагружения проводились на установке УНТС. В основном испытывались образцы угля марки К пласта d<sub>4</sub> ш/у «Покровское», которые по специальной методике [2] насыщались метаном и затем испытывались до разрушения по программам нагружения, моделирующих разные виды напряженного состояния согласно параметра Лоде-Надаи [3].

Моделировалось пять видов напряженного состояния – обобщенное сжатие ( $\mu_\sigma = -1$ ), между обобщенным сжатием и сдвигом ( $\mu_\sigma = -0,5$ ), обобщенный сдвиг ( $\mu_\sigma = 0$ ), между обобщенным сдвигом и растяжением ( $\mu_\sigma = 0,5$ ) и обобщенное растяжение ( $\mu_\sigma = 1$ ). При этом  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3 \geq 0$ , где  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  – главные напряжения. Виды деформационного состояния рассчитывались в процессе эксперимента.

Согласно [4, 5] виды напряженного состояния соответствуют трём характерным участкам угольного пласта различного объемного нагружения и различного механического состояния.

Экспериментальные исследования позволили установить следующие закономерности.

На рисунке 1 представлена зависимость модуля деформации  $E$  от вида напряженного состояния  $\mu_\sigma$  для исходного и газонасыщенного образцов угля.

При  $-1 \leq \mu_\sigma \leq -0,5$  (в зоне нетронутого массива) влияние газонасыщения незначительно, а при  $-0,5 \leq \mu_\sigma \leq 1$  (в зоне предельного состояния)  $E$  увеличивается – уголь становится более жестким.

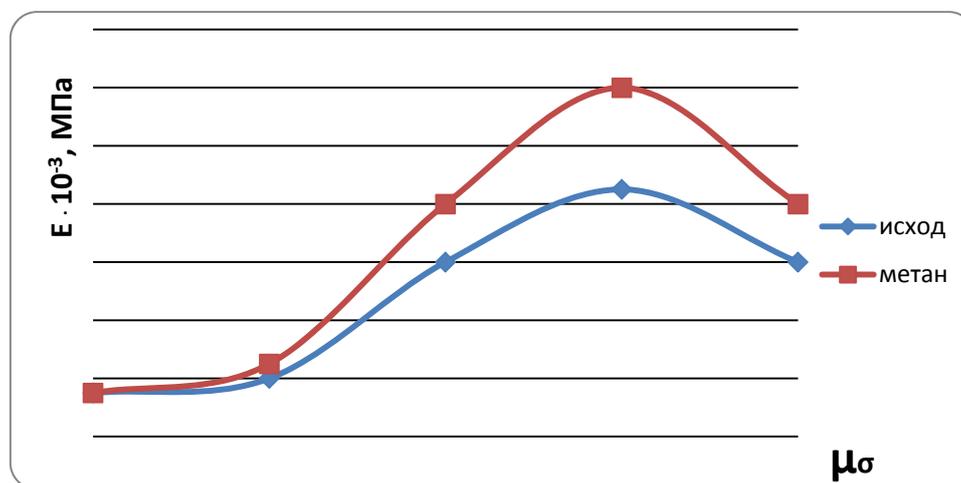


Рис. 1. Зависимость модуля деформации  $E$  угля от вида напряжённого состояния  $\mu_\sigma$

Тенденция к увеличению упругих характеристик угля при метанонасыщении отмечается и на зависимости коэффициента поперечной деформации  $\nu$  от вида напряженного состояния  $\mu_\sigma$  (рис. 2). Почти одинаковое уменьшение  $\nu$  как в нетронутой части пласта, так и в зоне предельного состояния.

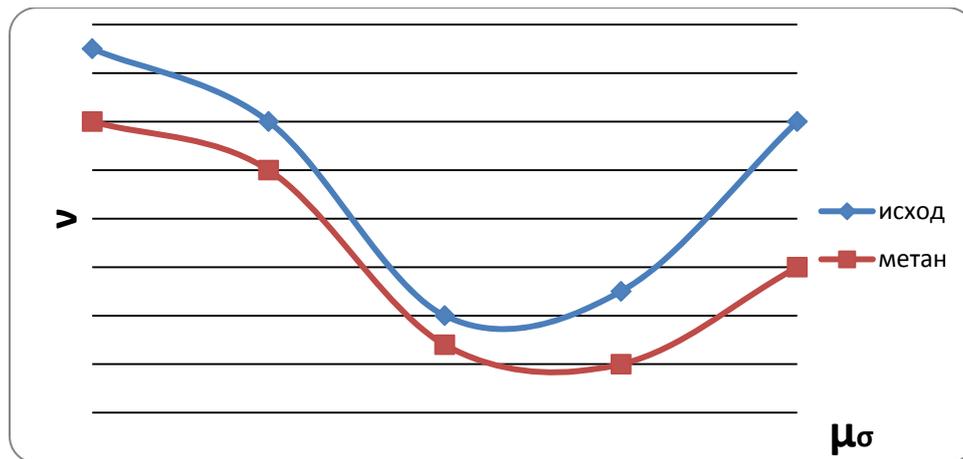


Рис. 2. Зависимость коэффициента поперечной деформации  $\nu$  угля от вида напряжённого состояния  $\mu_\sigma$

Как для исходного, так и для газонасыщенного углей не наблюдается соответствие между видами напряженного и деформационного состояниями ( $\mu_\sigma \neq \mu_\varepsilon$ ) (рис. 3).

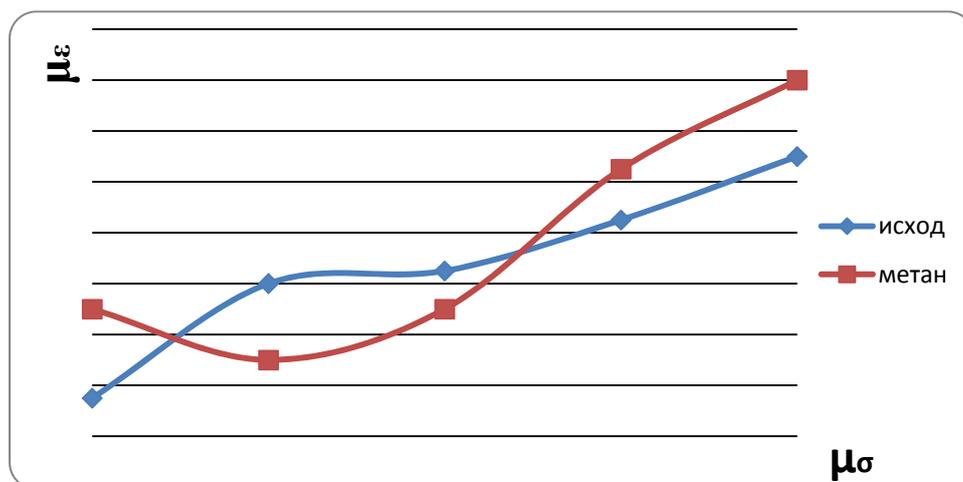


Рис. 3. Зависимость вида деформационного состояния  $\mu_\varepsilon$  от вида напряженного состояния  $\mu_\sigma$

Из зависимости изменения полной энергии деформирования  $A$  от вида напряженного состояния  $\mu_\sigma$  (рис. 4) в момент разрушения угля следует, что на разрушение газонасыщенного угля необходимо затратить больше энергии чем исходного. Связано это, прежде всего, с тем, что метанонасыщение инициирует трещинообразование по всему объему угольного образца, а это, в свою

очередь, приводит к увеличению количества фильтрационных каналов для транспортировки флюидов. В угольном пласте влияние метанонасыщения на энергию деформирования угля незначительно только в зоне нетронутого массива и на кромке забоя.

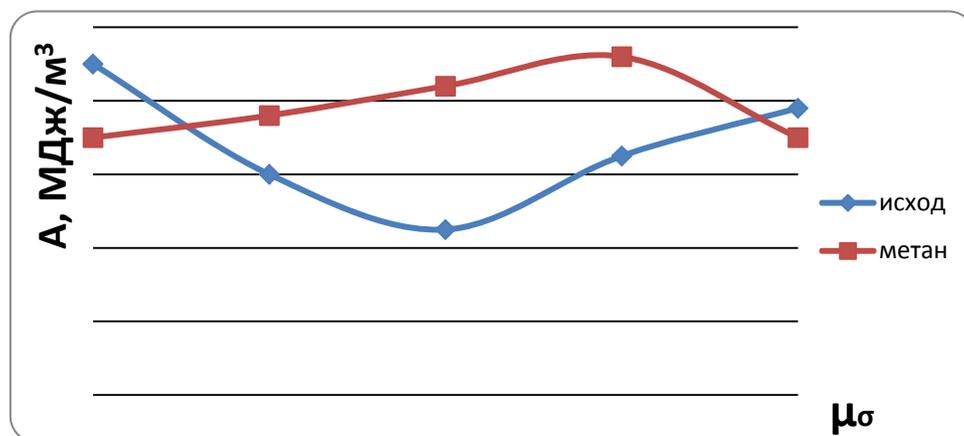


Рис. 4. Зависимость полной энергии деформирования  $A$  угля в момент разрушения от вида напряженного состояния

Таким образом, метанонасыщение существенно влияет на деформирование и разрушение песчаников и углей в условиях объемного нагружения, а, следовательно, и на процессы сдвижения земной поверхности.

## Выводы

Метанонасыщение, существенно уменьшает эффективную поверхностную энергию (трещиностойкость) песчаников, в условиях объемного нагружения увеличивает их упругие свойства и приводит к взрывоподобному разрушению.

При насыщении метаном угля, находящегося в условиях объемного неравнокомпонентного сжатия, увеличиваются его упругие характеристики, интенсифицируется трещинообразование по всему объему образца, что в итоге значительно улучшает его фильтрационные свойства, разрушение носит динамический характер.

В пласте метанонасыщение наибольшее влияние оказывает на деформирование и разрушение угля в зоне предельного состояния.

### СПИСОК ССЫЛОК

1. Алексеев А. Д. Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений. [Текст] / А. Д. Алексеев, В. Н. Ревва, Н. А. Рязанцев — К : Наукова думка, 1989. — 168 с.
2. Ревва В. Н. Деформирование и разрушение газонасыщенного угля при разных видах напряженного состояния. [Текст] / В. Н. Ревва, В. В. Завражин, А. В. Молодецкий, Д. С. Кодберг // Вести Донецкого горного института. — Донецк. — 2011. — № 1. — С. 66—70.
3. Ревва В. Н. Изменение физико-механических свойств горных пород при водонасыщении в условиях объемного нагружения. [Текст] / В. Н. Ревва // Наукові праці УкрНДМІ НАН України, № 12. — Донецк, 2013. — С. 179—189.
4. Докукин А. В. Моделирование предельно напряженного состояния угольных пластов. [Текст] / А. В. Докукин, С. Е. Чирков, Б. К. Норель — М. : Наука, 1981. — 152 с.
5. Норель Б. К. Изменение прочности угольного пласта в массиве. [Текст] / Б. К. Норель. — М. : Наука, 1983. — 128 с.