

УДК 622. 831. 322

С.В.ВОЛКОВ¹ (ст. преподаватель)

С.В.ПОДКОПАЕВ² (д.т.н., проф.)

Р.Н.ШЕПЕЛЕНКО² (ассистент)

Я.П.БАЧУРИНА¹ (ассистента)

Красноармейский индустриальный институт ДонНТУ, г. Красноармейск

Донецкий национальный технический университет, г. Красноармейск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПЕРВООЧЕРЕДНОЙ ОТРАБОТКЕ ЗАЩИТНЫХ ПЛАСТОВ

В результате выполненных исследований установлены экспериментальные зависимости, доказывающие реальность изменения структуры образцов осадочных горных пород во времени и их склонность к водо- и газоотдаче. Доказано, что в условиях первоочередной отработки защитных пластов на современных глубинах разработки, необходимо учитывать тот факт, что реальным является разрушение породного массива не только в результате роста напряженности, но и при его разгрузке.

Ключевые слова: пласт, разгрузка, напряжение, деформация, влагоемкость, влажность, водоотдача, газоотдача.

Донецкий угольный бассейн является основным поставщиком высококачественных углей для металлургической промышленности и энергетики Украины. Для угольных месторождений Донбасса характерна малая мощность разрабатываемых пластов, которая колеблется от 0,5 до 1,4 м. Им так же присуща повышенная геологическая нарушенность, тектоническая трещиноватость вмещающих пород, высокая газоносность и склонность к внезапным выбросам угля, породы и газа. Пласты в этом районе залегают, как правило, свитами, а расстояние между рабочими пластами угля составляет 20-60 м. В результате этого ведение горных работ по одному пласту вызывает существенное перераспределение горного давления в других пластах свиты, из-за чего возникают зоны повышенного горного давления[1].

Во всех странах, разрабатывающих выбросоопасные угольные пласты, известно, что первоочередная разработка защитных пластов является наиболее надежным способом предотвращения выбросов угля, породы и газа. Однако применение этого способа пока ограничено из-за недостаточной изученности параметров защитного действия и факторов, влияющих на их эффективность, в том числе с учетом фактора времени.

Известно [2, 3], что минимальная величина междупластья, которая обеспечивает эффект устранения выбросоопасности, в различных странах изменяется в довольно существенном диапазоне: от 50 м до 90 м. При этом считается, что механизм защитного действия заключается, главным образом, в освобождении опасных по внезапным выбросам угля и газа пластов от горного давления, а так же выявлении зоны разгрузки, но при этом совершенно не учитывается тот факт, что изменение механических свойств пород междупластья, их структурные изменения существенно определяют эффективность процесса разгрузки.

Экспериментальные изучения явления разгрузки проводятся с начала XX века. Так, П. Бриджмен испытывал образцы-цилиндры, различных горных пород в установках для трехосного сжатия и совершенно неожиданно обнаружил эффект разрушения при разгрузке, который выражается в образовании пластин-дисков, плоскости которых были перпендикулярны направлению максимальных напряжений сжатия[4].

Эксперименты, выполненные в МакНИИ, ИГТМ НАН Украины и ДонНТУ [2,5,6] позволили установить, что разрушение пород при разгрузке, возможно лишь в том случае, когда после трехосного сжатия имели место неупругие деформации некоторого объема. Это явление в твердых телах впервые объяснил Максвелл, рассматривая полную пластическую деформацию как сумму упругой и чистой вязкой деформации.

Изложенное привело к важному выводу о том, что на современных глубинах разработки реальным является разрушение породного массива при разгрузке. Но при этом необходимо учитывать историю формирования месторождения (генезис), приведшую к возникновению у горных пород генетической памяти об имевших место изменениях напряженно-

деформированного состояния массива, происходивших одновременно с физико-химическими превращениями. Процесс формирования осадочного (угленосного) массива следует рассматривать как комплекс процессов, включающий не только постепенное увеличение глубины погружения, уплотнение, но и физико-химические превращения органического материала, что все вместе обусловило современные свойства осадочных пород в массиве. Именно поэтому, при наличии этих процессов имели место термодинамические закономерности процесса деформирования, основными параметрами которых являются составляющие тензора напряжения, деформации и температура, проявляющиеся при разгрузке пород и способствующие, с течением времени, изменению их структуры.

Для изучения свойств осадочных горных пород в ДонНТУ были выполнены продолжительные эксперименты на образцах глинистого и песчанистого сланцев с глубины 820-1000 м шахт Центрального района Донбасса. Образцы в шахтах отбирали за пределами разгружающего влияния горных пород.

Эксперименты проводили по следующей методике. Из отобранных кернов выбирали 56 проб образцов. Пробы разделяли в лаборатории по группам (7-8 образцов в каждой группе) и содержали их там в течении 1800 суток при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуре. По каждой группе образцов измеряли уменьшение их массы до стабилизации. Затем в соответствии со стандартной методикой (ГОСТ 11014-81) образцы помещали в сушильный шкаф и при $t=105-110^{\circ}\text{C}$ высушивали в течении одного часа. После взвешивания высушенных образцов устанавливали их физически связанную (природную) влажность. Полную или максимальную влагоемкость определяли после насыщения (в течении 10 суток) экспериментальных образцов водой. Опыты повторяли по остальным группам образцов через каждые 60-80 суток.

Следует отметить, что основной смысл экспериментов заключался в оценке динамики уменьшения природной влажности, прироста влажности образцов после высушивания и влияния на названные процессы разгрузки, т.е. некоторых их изменений во времени. Все взвешивания производились на специальных электронных весах (тип ВЛР-200Г ГОСТ 24104-08) с точностью до третьего после единицы знака. При изучении свойств пород изменения их влажности рассматривали не только как физическую характеристику, но и как критерий увеличения объема порового пространства и перераспределения соотношения объемов пор различных размеров. В основу исследований было также положено явление, возникающее при передвижении смачивающей жидкости по капиллярам различных размеров (диаметров) [7].

На рис. 1 показано изменение величин полной влагоемкости W_n и физически связанной влажности $W_{ф.с.}$ экспериментальных образцов пород во времени T . Из полученных результатов видно, что разгрузка осадочных горных пород приводит к изменению структуры порового пространства. При этом происходит возрастание во времени объемов пор представленных капиллярами диаметром более 10^{-7} м, при одновременном уменьшении объемов пор диаметром 10^{-7} м, обладающих принципиально различными свойствами.

Многочисленными опытами установлено [8], что на границе раздела стенок капилляров, пор и флюидов возникает двойной электрический слой. Согласно [7,8] в капиллярах диаметром $10^{-5}-10^{-6}$ см при наличии электрокинетического потенциала флюид протекать не будет, под каким бы давлением он не находился. Следовательно, испарение из этих пор без процесса изменения структуры горных пород невозможно.

Анализ выполненных нами экспериментов, учитывая выше изложенное, позволил установить снижение массы образцов горных пород. Этот процесс всегда сопровождался испарением водных растворов из пор размерами более 10^{-7} м и был зафиксирован в течении нескольких суток. К процессу испарения, в дальнейшем, добавлялась разгрузка образцов горных пород, что способствовало изменению размеров порового пространства. Очевидно разгрузка явилась причиной испарения водных растворов из пор тех размеров (меньше 10^{-7} м), из которых прежде испарение было не возможным.

Учитывая своеобразие установленного процесса, можно предположить, что по своей природе испарение обуславливается уменьшением капиллярного давления воды (жидкости, газа) из-за развития процесса разгрузки, т.е. увеличения радиусов пор r . Капиллярное давление P_k (кг/см^2) в порах осадочных горных пород рассчитывается по поверхностному

натяжению воды α (кг/см), и краевому углу смачивания $\theta=65^\circ$, в соответствии с уравнением Лапласа [9].

$$P_k = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \cos \theta}{r}$$

Из приведенной формулы видно, что при увеличении диаметра пор с 10^{-8} м до 10^{-7} м снизится и капиллярное давление. Именно его уменьшение и будет характеризовать движение водных растворов от разгруженного массива к выработке (обнажению).

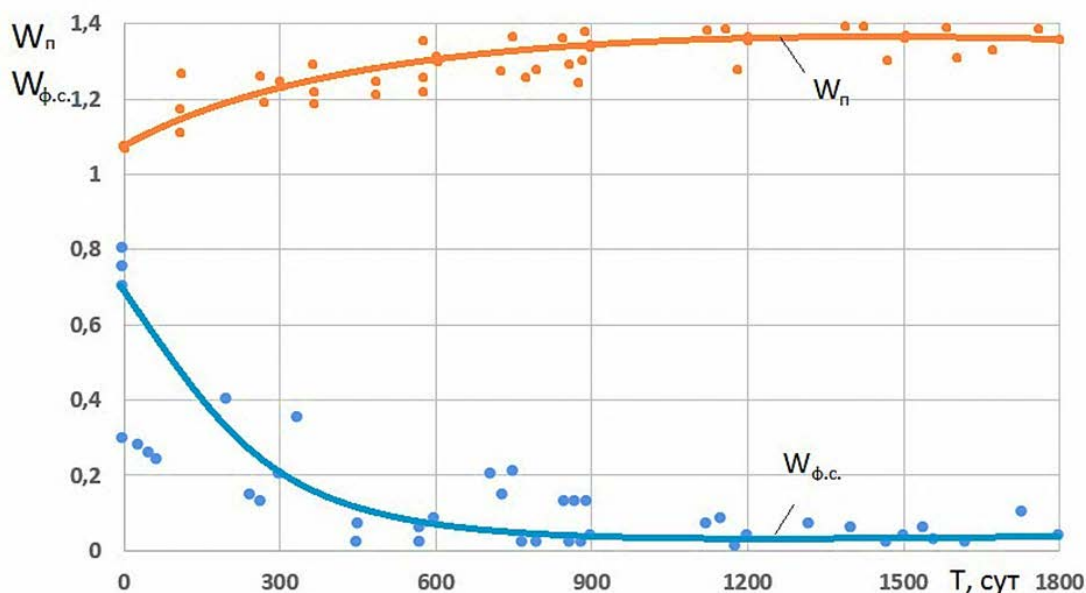


Рис. 1. Изменение величин полной влагоемкости W_n и физически связанной влажности $W_{ф.с.}$ образцов горных пород от времени T .

Для еще одного доказательства структурных изменений пород во времени были выполнены эксперименты на образцах-цилиндрах песчанистого и глинистого сланцев, отобранных так же с глубины 820-1000 м, методом кернового выбуривания, с помощью прибора УКБ-1М, методом прямого прозвучивания, когда определялось время прохождения через них звукового сигнала при частоте ультразвука, соответствующей 25 кГц. Обработка экспериментальных данных осуществлялась по методике [10]. По результатам обработки экспериментальных данных были построены графики изменения скорости прохождения ультразвуковых волн через экспериментальные образцы во времени (рис. 2).

Ломаные зависимости 1 и 2 указывают на снижение скорости прохождения ультразвуковых волн во времени через образцы-цилиндры, подтверждая эффект их «разрыхления» образцов после разгрузки. С позиции решаемых задач это явление может рассматриваться как своеобразное доказательство неупругого неразрывного деформирования, приводящее не только к увеличению объема и снижению неоднородности плотности и упругих деформационных свойств образцов, но и к изменению их структуры осадочных горных пород в результате их разгрузки.

Сказанное хорошо подтверждают многочисленные измерения, выполненные на шахтах Центрального района Донбасса [11]. Очевидно способность выбросоопасных (высокогазоносных) угленосных массивов к водо- и газоотдаче обуславливается их разгрузкой, которая приводит к изменению структуры порового пространства. Все газоносные выбросоопасные угольные пласты и слои песчаников содержат материнскую (природную) воду – водные растворы. Газоотдача таких массивов при разгрузке представляют собой выделение водогазовой смеси.

Таким образом, в условиях первоочередной отработки защитных пластов, рассматривая некоторые вопросы водо- и газоотдачи высокогазоносных массивов осадочных горных пород, необходимо учитывать тот факт, что реальным является разрушение породного массива не только в результате роста напряженности, но и при разгрузке горных пород. Совершенно оче-

видной становится необходимость более глубокого экспериментального изучения природы и особенностей разрушения осадочных пород при разгрузке, с учетом фактора времени.

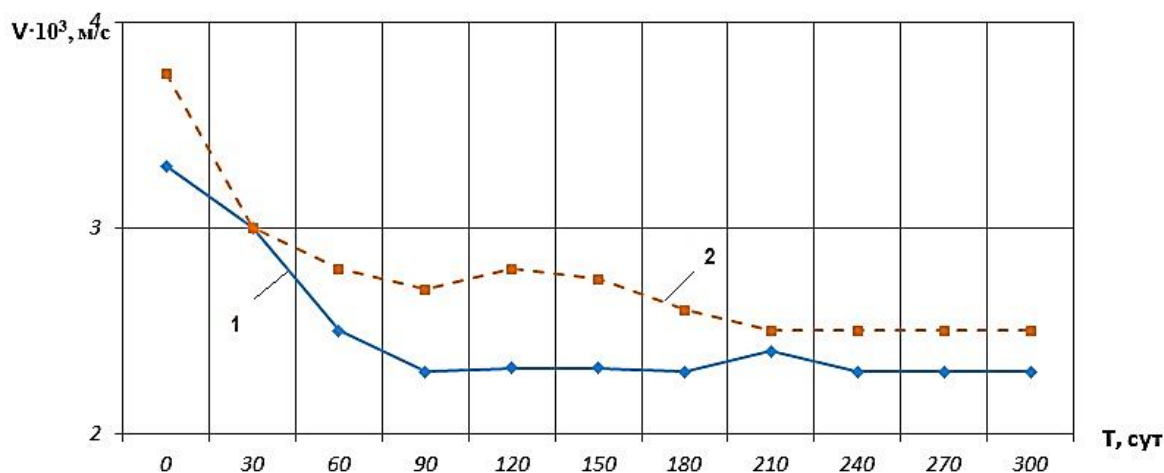


Рис. 2. Изменение скорости прохождения ультразвуковых волн в песчаном сланце (1) и глинистом сланце (2)

Вывод. Установленные зависимости доказывают изменение структуры образцов горных пород, извлеченных из высокогазоносных углепородных массивов, при первоочередной отработке защитных пластов, подтверждая тем самым реальность процесса разгрузки во времени и ее практическую значимость – склонность углепородного массива к водо- и газоотдаче.

Библіографічний список

1. Техническое перевооружение угольных шахт/ С.А. Саратикянц, Ю.К. Батманов, Е.Н. Братков, Ю.Г. Спицын – К.: Техника, 1984 – 184 с.
2. Николин В.И., Балинченко И.И., Симонов А.А. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах. – М.: Недра, 1981 – 300 с.
3. Петухов И.М., Тетеребенков В.В. Механизмы, границы и степень действия защитных пластов//Внезапные выбросы в угольных шахтах/Сб. трудов V Всесоюзного научно-технического совещания. М.: Недра, 1974. – С.114-126.
4. Бриджмен П.В. Исследования больших пластических деформаций и разрыва. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1955. – 440 с.
5. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Широков А.В. Выбросоопасность горных пород Донбасса. – Киев: Наукова Думка, 1983. – 287 с.
6. Николин В.И., Подкопаев С.В., Малеев Н.В., Агафонов А.В. Снижение травматизма от проявлений горного давления. – Донецк: Норд-Пресс. 2005. – 332 с.
7. Харин С.Е. Физическая химия. – Киев: изд. КГУ, 1961. – 424 с.
8. Николин В.И., Лысиков Б.А., Ярембаш И.Ф. Газоносность пород больших глубин. – Донецк: Донбасс, 1969. – 82 с.
9. Мионов Н.П. Механизм движения жидкости в угольном пласте//Нагнетание воды в угольные пласты для повышения безопасности горных работ. – М.: Недра, 1965. – С. 65-73.
10. Лабораторный практикум по курсу «Физика горных пород и процессов»/И.Ф. Потапкин, А.Г. Томасов, Н.Н. Гавриш и др. – Донецк, ДПИ, 1991.-43 с.
11. Николин В.И., Лысиков Б.А., Ткач В.Я. Прогноз выбросоопасности угольных и породных пластов.- Донецк: Донбасс, 1972.-128 с.

Надійшла до редакції 24.05.2015

С.В. Волков¹, С.В. Подкопаєв², Р.М. Шепеленко², А.В. Положій², Я.П. Бачуріна¹

Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ

Донецький національний технічний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ЗМІНИ СТРУКТУРИ ГІРСЬКИХ ПОРІД ПРИ ПЕРШОЧЕРГОВОМУ ВІДПРАЦЮВАННІ ЗАХИСНИХ ПЛАСТІВ

У результаті виконаних досліджень встановлено експериментальні залежності, що доводять реальність зміни структури зразків осадових гірських порід в часі і їх схильність до водо- і газовіддачі. Доведено, що в умовах першочергової відробки захисних пластів на сучасних глибинах розробки, необхідно враховувати той факт, що реальним є руйнування породного масиву не тільки в результаті зростання напруженості, але і при його розвантаженні.

Ключові слова: пласт, розвантаження, напруга, деформація, вологоємність, вологість, водовіддача, газовіддача.

S. Volkov¹, S. Podkopaev², R. Shepelenko², A. Polozhii², Y. Bachurina¹

¹Krasnoarmiysk Industrial Institute

²Donetsk National Technical University

EXPERIMENTAL STUDY OF CHANGES IN THE STRUCTURE OF ROCKS IN MINING PRIORITY OF PROTECTIVE LAYERS

In the result of the research, experimentally were established, proving the reality of the changing patterns of samples of sedimentary rocks in time and their tendency to lose water and gas. Has been proved that in mining priority of protective layers on modern depths must take into account the fact that the real rocks mass destruction is not only a result of growing tensions, but in its unloading.

Keywords: layer, unloading, tension, deformation, moisture capacity, humidity, water recovery, gas recovery.