

## О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

С.Н. Александров, С.В. Подкопаев, Е.А. Тюрин, И.В. Макаров, А.В. Положий (ДонНТУ),  
Ю.А. Плотникова (МакНИИ)

*В результате выполненных исследований установлены зависимости изменения структуры порового пространства образцов осадочных горных пород, определяющих их склонность к водо- и газоотдаче.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГОРНЫЕ ПОРОДЫ, ГЛУБИНА РАЗРАБОТКИ, УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ПРИРОДНАЯ ВЛАЖНОСТЬ, КАПИЛЛЯРЫ.**

Разработка угольных пластов в Украине, в настоящее время, ведется на больших глубинах. Увеличение глубины горных работ с 500 до 1100м вызвало увеличение смещений вмещающих горную выработку пород в 3,1 – 3,8 раза. С увеличением глубины разработки изменяются горно-геологические условия, определяющие ухудшение условий поддержания выработок. Проявление горного давления в таких выработках зависят от совокупного влияния многих факторов, к которым первоначально следует относить напряженное состояние пород и их физико-механические свойства. В условиях возрастающего напряженного состояния массива изменяются и реологические свойства горных пород. Поэтому горные породы, слагающие осадочный массив и производившие в момент проведения выработок впечатление прочных и устойчивых, по истечении некоторого времени полностью разрушаются.

Считается [1], что свойства осадочных горных пород, в известной мере сходны со свойствами материалов, являющихся продуктами современной технологии. Сформировались эти породы в результате процесса, в известной мере, аналогично технологии металлокерамики. Поэтому современная теория ползучести стареющих материалов, основанная на фундаментальных концепциях Больцмана и Вольтера и на теории вязкоупругих моделей, восходящих к Д.Максвеллу, В.Фойгту и Д.Томпсону, получила огромное развитие за последнее столетие, благодаря ее широким приложениям в различных областях техники [2].

В результате многочисленных исследований особенностей деформирования массива осадочных горных пород было установлено, что ему присуще свойство наследственности – зависимости наблюдаемых деформаций от всей предыдущей истории нагружения. Своеобразным доказательством правильности этого представления, является опыт разделения кернов на диски при бурении глубоких скважин [3,4]. Это свидетельствует о реальности разрушения образцов горных пород, находившихся ранее в состоянии трехосного сжатия.

К проблеме извлекаемого из скважины керна, свойства которого существенно меняются с течением времени, следует относить и явление последствия, которое присуще и осадочным горным породам [5,6]. Необходимо отметить, что признак разделения кернов на диски был использован для разработки способа прогноза удароопасности, который в настоящее время является нормативным для рудников, разрабатывающих удароопасные месторождения.

Для изучения свойств осадочных горных пород в ДонНТУ были выполнены продолжительные эксперименты на образцах песчанистого сланца (шахта им. А.И.Гаевого, глубина 975м) и глинистого сланца (шахта «Углегорская» глубина 820м и шахта им.К.Маркса, глубина 1000м). Образцы в шахте отбирали за пределами разгружающего влияния горных работ. С помощью колонкового бурения были пробурены скважины длиной 5м и диаметром 59мм на шахте им. А.И. Гаевого, длиной 9м и

диаметром 42мм на шахте «Углегорская», длиной 5,2м и диаметром 46мм на шахте им.К.Маркса.

В основу исследований было положено явление возникающее при передвижении смачивающей жидкости по капиллярам различных размеров (диаметров)[7].

Эксперименты проводились по следующей методике. В шахте отбирали значительное число образцов. Образцы разделяли в лаборатории по группам (7-8 образцов в каждой группе) и содержали их там в течение 900 суток при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуре. По каждой группе образцов измеряли уменьшение их массы до стабилизации. Затем в соответствии со стандартной методикой (ГОСТ11014-81) образцы помещали в сушильный шкаф и при  $t=105-110^{\circ}\text{C}$  высушивали в течение одного часа. После взвешивания высушенных образцов устанавливали их физически связанную (природную) влажность  $W_{\text{ф.с.}}$ . Полную или максимальную влагоемкость ( $W_{\text{п}}$ ) определяли после насыщения (в течение 10 суток) экспериментальных образцов водой. Опыты повторяли по остальным группам образцов через 40, 150, 225, 260, 300, 350, 400, 420, 500, 560, 600, 700, 800, 820, 840, 900 суток.

Основной смысл экспериментов заключался в оценке динамики уменьшения природной влажности, прироста влажности образцов после высушивания и влияния на названные процессы разгрузки, так и взаимосвязь последних с изменением влажности. Все взвешивания производились на специальных электронных весах (тип ВЛР-200г ГОСТ 24104-80) с точностью до третьего после единицы знака.

При изучении свойств горных пород изменение их влажности рассматривали не только как физическую характеристику, но и как критерий увеличения объема порового пространства и перераспределения соотношения объемов пор размерами  $\square 10^{-7}\text{м}$ , так и размерами  $\square 10^{-7}\text{м}$ , обладающих принципиально различными свойствами.

На рис.1 показана зависимость полной влагоемкости  $W_{\text{п}}$  и физически связанной влажности  $W_{\text{ф.с.}}$  от времени  $T$  для экспериментальных образцов осадочных горных пород. Из полученных результатов видно, что разгрузка осадочных горных пород, приводит к изменению структуры порового пространства, характеризующегося возрастанием во времени объемов пор представленных капиллярами диаметром более  $10^{-7}\text{м}$  и при одновременном уменьшении объемов пор диаметром менее  $10^{-7}\text{м}$ .

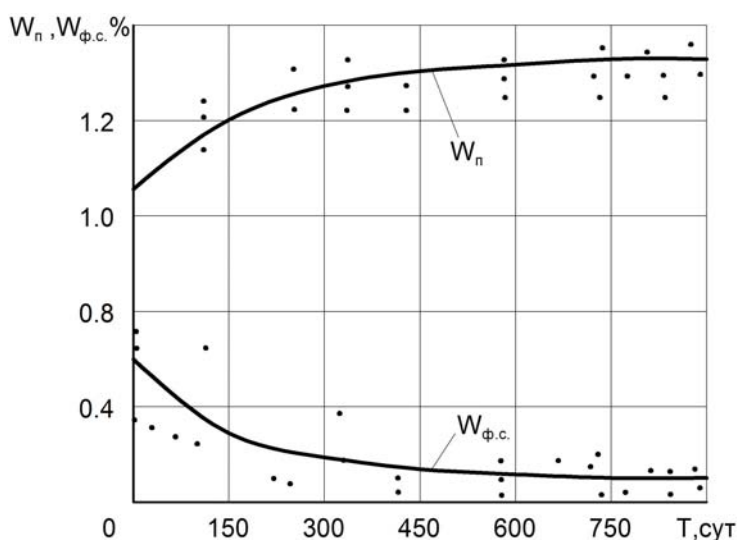


Рис.1 Зависимости полной влагоемкости  $W_{\text{п}}$  и физически связанной влажности  $W_{\text{ф.с.}}$  от времени  $T$  образцов осадочных горных пород

Анализ результатов экспериментов позволил так же установить снижение массы образцов на первом временном этапе. Этот процесс сопровождался испарением водных растворов из пор размерами более  $10^{-7}\text{м}$  и был зафиксирован в течение 4-10 сут. К

процессу испарения в дальнейшем добавлялась разгрузка образцов горных пород, что способствовало изменению размеров и структуры порового пространства. Можно предположить, что разгрузка явилась причиной испарения водных растворов из пор тех размеров ( $\square 10^{-7}$  м), из которых прежде испарение было невозможным.

Было установлено, что на границе раздела стенок капилляров горных пород и воды возникает двойной электрический слой, значимость которого при увеличении размеров пор снижается. Учитывая физическое своеобразие установленного процесса, можно предположить, что по своей природе испарение обуславливается уменьшением капиллярного давления воды из-за развития процесса разгрузки – увеличения радиусов пор  $r$ . Капиллярное давление  $P_k$  в порах осадочных горных пород рассчитывается по поверхностному натяжению воды и краевого угла смачивания  $\theta=65^\circ$  в соответствии с уравнением Лапласа[8]

$$P_k = \frac{\cos \theta}{r}.$$

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

Таким образом, в результате выполненных исследований было установлено, что реальным является разрушение породного массива не только в результате роста напряженности, но и при разгрузке горных пород. Совершенно очевидной становится необходимость более глубокого экспериментального изучения природы и особенностей разрушения осадочных горных пород при разгрузке, в том числе с учетом фактора времени и изменения влажности пород.

Вывод. Установленные зависимости подтверждают изменение структуры порового пространства и перераспределение объема пор размерами  $\square 10^{-7}$  м и  $\square 10^{-7}$  м в исследуемых образцах, доказывая тем самым реальность процесса разгрузки во времени, так и практическую значимость – склонность углепородного массива к водо- и газоотдаче.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Качанов Л.М. Теория ползучести.-М.: Физматгиз, 1960.-455с.
2. Аратюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести.-М.-Л.: ГИТТЛ, 1952.-323с.
3. Кусов Н.Ф., Кудряшев В.А. Исследования разделения кернов на диски под действием горного давления в выбросоопасных породах// Проблемы горного дела.- М.: Недра, 1974.-С.78-82.
4. Степанович Г.Я., Николин В.И., Лысиков Б.А. Газодинамические явления при подготовке глубоких горизонтов.-Донецк: Донбасс, 1970.-110с.
5. Бриджмен П.В. Исследование больших пластических деформаций и разрыва.-М.: ИИЛ, 1953.-440с.
6. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел.-М.:ИИЛ, 1954.-647с.
7. Харин С.Е. Физическая химия.-Киев: КГУ, 1961.-424с.
8. Миронов Н.П. Механизм движения жидкости в угольном пласте// Нагнетание воды в угольные пласты для повышения безопасности горных работ.-М.: Недра, 1965.- С.65-73.

## **ABOUT SOME PROPERTIES OF SEDIMENTARY ROCKS**

S.N.Alexandrov, S.V.Podkopaev, E.A.Tyurin, I.V.Makarov, A.V.Polozhy (DonNTU),  
J.A.Plotnikova (MakNII)

*As a result of the executed researches dependences of change of structure porous spaces of samples of the sedimentary rocks defining their propensity to water- and gas outflow are established.*

**KEYWORDS:** ROCKS, DEPTH OF WORKING OUT, THE COAL LAYER, NATURAL HUMIDITY, CAPILLARIES

## **ПРО ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ ОСАДОВИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД**

С.М. Александров, С.В. Подкопаев, Є.А. Тюрін, І.В. Макаров, А.В. Положій (ДонНТУ),  
Ю.О.Плотнікова(МакНДІ)

*В результаті виконаних досліджень встановлено залежності зміни структури порового простору зразків осадових гірських порід, що визначають їх схильність до водо-і газоотдачі.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ГІРСЬКІ ПОРОДИ, ГЛУБИНА РОЗРОБКИ, ВУГІЛЬНИЙ ПЛАСТ, ПРИРОДНА ВОЛОГІСТЬ, КАПЛЯРИ