

О ПРАКТИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПОСОБА ПЕРВООЧЕРЕДНОЙ ОТРАБОТКИ ЗАЩИТНЫХ ПЛАСТОВ

С. В. Подкопаев, докт. техн. наук, А. М. Михайлов, асп. (ДонГУ), С. А. Крутенко, канд. техн. наук (Госгорпромнадзор), О. И. Кашуба, докт. техн. наук (МакНИИ)

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень встановлено необхідність детального вивчення природи виникнення деформації генетичного повернення як при відпрацюванні захисних пластів, так і після проведення підготовчих виробок.

На основании теоретических и экспериментальных исследований установлена необходимость детального изучения природы возникновения деформации генетического возврата как при отработке защитных пластов, так и после проведения подготовительных выработок.

On the basis of theoretical and experimental researches necessity for detailed studying the nature of occurrence of deformation of genetic return is proved, both at mining protective seams and after drivage.

Общеизвестно, что при отработке защитных пластов улучшаются условия поддержания горных выработок в разгруженных зонах, снижается не только трудоемкость работ при выполнении локальных мероприятий, но и затраты, связанные с восполнением ущерба, причиняемого выбросами и ликвидацией их последствий. Проведение этого мероприятия не требует соблюдения особых режимов работы предприятий.

Обзор работ, посвященных принципам использования теории защитных пластов, нормативных документов [1] позволил сделать вывод о том, что эффект первоочередной отработки защитных пластов как процесс, происходящий во времени, изучался ранее недостаточно. Следует отметить, что в неявном виде фактор времени все же присутствовал в параметре опережения (L). Определялся он по геометрическим соображениям, отображавшим реальность изменения напряженно-деформированного состояния. Однако при этом совершенно упускалось положение о том, что перераспределение напряжений при разгрузке может произойти мгновенно, но так же мгновенно дегазация под- или надработанного участка шахтопласта произойти не может. Очевидно, эффект устранения выбросоопасности обуславливается не только снижением напряженности углепородного массива, но и одновременно с нею необходимой и достаточной дегазацией выбросоопасного пласта. Для достижения последней должна увеличиться газоотдача, рост которой становится реальным по мере разгрузки углепородного массива.

Изложенное выше стало основанием для проведения дальнейших исследований, которые базируются на двух группах фундаментальных по своей физической сущности фактов: во-первых, на разрушении образцов при

разгрузке; во-вторых, на склонности большой группы продолжительное время нагруженных материалов к деформациям при разгрузке.

В механике сплошных сред отмечается, что под термином прочность понимается способность материала не разрушаться под воздействием внутренних напряжений, возникающих при наложении нагрузки или изменении температуры. Однако еще в начале сороковых годов XX столетия П. Бриджмен [2] обнаружил разрушение при разгрузке образцов, в том числе горных пород, находившихся длительное время в состоянии трехосного сжатия. Факт разрушения от разгрузки подтвердился при выполнении экспериментов американскими учеными Г. Д. Бузером, К. Х. Хиллером, С. Серденгекти [3]. Они предприняли первую попытку объяснить разрушение при разгрузке, но с позиций прежних представлений о возможном разрушении образцов при нагружении (увеличении напряжений). Очевидно, исследователи тех лет не придавали большого значения тому, что разрушение при разгрузке происходит только в тех случаях, когда ей предшествует длительное трехосное сжатие, сопровождающееся реальным, количественно определенным объемом деформаций ползучести. Подтверждением этому является описанный в [4] факт разрушения кернов гранита на пластины при колонковом бурении скважины на Кольском полуострове (выход керна на глубине 11500 м составил 0,36 вместо 1,0 на глубинах 100...200 м).

Вопрос о неупругих деформациях после разгрузки не является новым. Такие деформации изучались акад. Ю. Н. Работновым [5], акад. Ж. С. Ержановым [6], проф. Н. Х. Арутюняном [7]. Но буквально единичны случаи измерений после трехосного сжатия. Именно это определило необходимость проведения дополнительных экспериментов по изучению склонности большой группы продолжительное время нагруженных материалов к деформациям при разгрузке. Результаты таких экспериментов были описаны в [8]. Тогда было установлено, что при трехосном неравнокомпонентном сжатии образцов пород, не имеющих генетической памяти, когда компоненты напряжений ступенчато увеличивали, так же ступенчато интенсифицировались при разгрузке деформации обратной ползучести, совпадающие по времени с имевшим место ранее увеличением компонентов трехосного сжатия. Вскрытое явление характеризовалось как моделирование процесса зарождения “памяти” горных пород, отличающееся от природных процессов отсутствием физико-химических превращений.

Постепенное увеличение глубины залегания, приводящее к росту напряженности массива, его уплотнение, физико-химические превращения органического материала в условиях трехосного сжатия и сравнительно высоких температур, а также наличие инверсионных процессов, в результате которых горный массив оказался на современной глубине, в совокупности определили природу его формирования. Все деформации, которая претерпевала порода в течение своей геологической жизни, должны найти отражение в свойствах горных пород при разгрузке.

В [9] было теоретически и экспериментально обосновано свойство напряженных горных пород при разгрузке проявлять деформации

генетического возврата (ДГВ), которые возрастают с увеличением влажности. Последние учитывают влияние физико-химических превращений, являются природными (комплексными), характеризующимися наследственностью – зависимостью наблюдаемых деформаций от всей предыдущей истории нагружения.

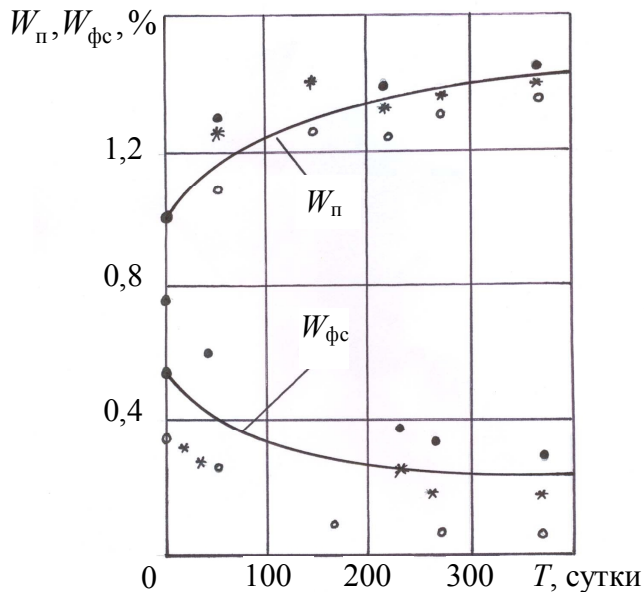
В связи с этим, было выполнено исследование склонности горных пород к ДГВ. Эксперименты выполнялись на образцах осадочных пород шахт им. Гаевого (песчанистый сланец, глубина 975 м), “Углегорская” (глинистый сланец, глубина 820 м) и шахты им. К. Маркса (глинистый сланец, глубина 1000 м) ГП «Орджоникидзеуголь». Отбор проб пород в шахте производился за пределами разгружающего влияния горных работ. С этой целью с помощью колонкового бурения были пробурены скважины длиной 5 м и диаметром 59 мм на шахте им. Гаевого, длиной 9 м и диаметром 42 мм – на шахте «Углегорская» и длиной 5,2 м и диаметром 46 мм – на шахте им. К. Маркса.

Эксперименты проводились по следующей методике. В шахте отбирали значительное число образцов. Образцы распределяли в лаборатории по группам (по 7...8 образцов в каждой группе) и выдерживали их в течение не менее 400 суток при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуре. По каждой группе образцов ежедневно (в течение не менее 5 суток) 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 течение одного часа. 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, 365, 400 суток. Основывались эксперименты на использовании результатов исследований природы ДГВ и результатах выполненного проф. С. Е. Хариным исследования явления, возникающего при передвижении смачивающей жидкости по капиллярам различных размеров (диаметров). Ранее С. Е. Хариным было доказано [10], что поправка к закону Дарси становится заметной при диаметрах капилляров $10^{-5}...10^{-6}$ м. В капиллярах диаметром $10^{-7}...10^{-8}$ м поправочный множитель приближается к нулю. Это означает, что по таким капиллярам при наличии электрокинетического потенциала флюид протекать не будет, под каким бы давлением он не находился.

Основной смысл экспериментов заключался в оценке динамики уменьшения природной влажности, прироста влажности образцов после высушивания и влияния на названные процессы как ДГВ, так и взаимосвязи последних с изменениями влажности. Все взвешивания производились на специальных электронных весах (тип ВЛР-200г ГОСТ 24104-80) с точностью до третьего после единицы знака [11].

При изучении развития ДГВ изменение влажности пород рассматривали не только как физическую характеристику, но и как критерий увеличения объема порового пространства, перераспределения соотношения объемов пор размерами $<$ и $\geq 10^{-7}$ м.

На рисунке приведены зависимости изменения величин полной влагоемкости $W_{\text{п}}$ и физически связанной влажности $W_{\text{фс}}$ во времени для экспериментальных образцов осадочных горных пород.



Зависимость величин полной влагоемкости (1) и физически связанной влажности (2) во времени: ●, ○, * – экспериментальные точки соответственно по шахте им. Гаевого, “Углегорская”, им. К. Маркса

Полученные результаты свидетельствуют о том, что разгрузка напряженных осадочных горных пород, сопровождающаяся ДГВ, приводящая к изменению структуры порового пространства, характеризуется возрастанием во времени объемов пор, представленных капиллярами размерами, равными и превышающими 10^{-7} м при одновременном уменьшении объемов пор размерами менее 10^{-7} м.

Установленные зависимости (см. рисунок) подтверждают изменение структуры порового пространства и перераспределение соотношения объема пор размерами $<$ и $\geq 10^{-7}$ м в исследуемых образцах, доказывая тем самым как реальность развития ДГВ, так и их практическую значимость – возникновение нового свойства угленосного массива, заключающегося в развитии склонности его к газоотдаче, приводящей к дегазации высокогазоносного угольного пласта, без которой устранение выбросоопасности невозможно.

По мере измерения величин полной влагоемкости и физически связанной влажности, на экспериментальных образцах методом прямого прозвучивания измерялось изменение скорости прохождения ультразвуковых волн частотой 25 кГц. Измерения выполнялись прибором УКБ-1М. Были отобраны образцы цилиндрической формы песчанистого сланца высотой 60 мм из шахты им. А. А. Гаевого, глинистого сланца высотой 40 мм из шахты “Углегорская”, глинистого сланца высотой 46 мм из шахты им. К. Маркса. Результаты измерений такого эксперимента детально рассмотрены в [12].

Установленное снижение скорости прохождения ультразвуковых волн подтверждает эффект своеобразного “разрыхления” материала во времени, обусловленного ДГВ.

Результаты экспериментов, периодически выполнявшихся на шахтах Донбасса в течение не менее пятидесяти лет, а также МакНИИ, ДонНТУ, свидетельствуют о том, что эффект устранения выбросоопасности при отработке защитных пластов может быть значительно увеличен за счет использования фактора времени, когда возникают и развиваются ДГВ. Последними исследованиями [12] было теоретически определено и экспериментально доказано, что параметры зон эффективной защиты зависят как от мощности пород междупластья M , так и от времени. Они отражают развитие ДГВ после разгрузки и приводят во времени при $M \leq 80$ м не к увеличению проницаемости породного массива, а к реализации склонности к газоотдаче выбросоопасных пластов, обеспечивающей достаточность для устранения выбросоопасности. Способность выбросоопасных (высокогазоносных) угленосных массивов к газоотдаче обуславливается их локальной разгрузкой, сопровождающейся ДГВ, приводящей к изменению структуры порового пространства пород междупластья, угольных пластов, пропластков.

Изучение процессов сдвижения и деформаций пород междупластья при первоочередной отработке защитных пластов показало, что с учетом выраженной слоистости угленосного массива в зонах разгрузки ДГВ обуславливают различную склонность боковых пород к обрушениям не только по длине лавы, но и в призабойной части лав впереди движущегося очистного забоя, а также в подготовительных выработках. Именно они и определяют решающий круг вопросов предотвращения травматизма от природных (обусловленных памятью формирования месторождения) факторов.

В заключение следует отметить, что условия устранения выбросоопасности угольного пласта проявляются в результате изменения структуры порового пространства угленосного массива, обусловленные ДГВ. Именно этот процесс способствует при разгрузке приобретению практически непроницаемым угленосным массивом нового свойства – склонности к газоотдаче, приводящей со временем к необходимой и достаточной для устранения выбросов дегазации. Поэтому процесс устранения выбросоопасности следует считать временным, при котором снижение уровня напряженности всегда необходимо и должно опережать дегазацию.

Изменение структуры порового пространства пород междупластья и угольного пласта способствует выделению и материнских растворов, обуславливающих смачивание угля и зарождение процесса самовозгорания при определенных условиях.

В дальнейшем необходимо детально изучить природу возникновения и развития ДГВ, их научную и практическую значимость как при отработке защитных пластов, так и после проведения подготовительных выработок.

1. *Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ.* – СОУ 10.1.00174088.011-2005. Стандарт Мінвуглепрому України. – К., 2005. – 224 с.

2. *Бриджмен П. В.* Исследование больших пластических деформаций и разрыва. – М.: Изд-во иностр. лит-ры. – 1955. – 440 с.
3. *Бузер Г. Д., Хиллер К. Х., Серденгекти С.* Влияние поровой жидкости на деформационное поведение горных пород при трехосном сжатии // *Механика горных пород.* – М.: 1966. – С. 372–406.
4. *Забигайло В. Е., Николин В. И.* Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность. – К.: Наук. думка. – 1990. – 168 с.
5. *Работнов Ю. Н.* Некоторые вопросы теории ползучести // *Вестник МГУ.* – 1948. – № 10. – С. 8–21.
6. *Ползучесть осадочных горных пород. Теория и эксперимент* // Ж. С. Ержанов, А. С. Сагинов, Г. Н. Гуменюк и др. – Алма-Ата: Наука. – 1970. – 208 с.
7. *Арутюнян Н. Х.* Некоторые вопросы теории ползучести. – М.-Л.: ГИТТЛ. – 1952. – 323 с.
8. *Особенности развития деформаций* обратной ползучести горных пород при разгрузке / С. С. Гребенкин, С. В. Подкопаев, В. П. Шенец и др. // *Вібрації у техніці та технологіях.* – 2000. – № 4(16). – С. 55–58.
9. *О связи деформаций* генетического возврата напряженных горных пород с их влажностью / В. И. Николин, С. В. Подкопаев, А. В. Агафонов и др. // *Научные открытия.* – Вып. 1. – М., 2004. – С. 41–43.
10. *Харин С. Е.* Физическая химия. – К.: КГУ. – 1961. – 424 с.
11. *Единство природы* водо-газоотдачи осадочного массива при разгрузке и испарении воды из его образцов / В. И. Николин, С. В. Подкопаев, Н. В. Малеев и др. // *Изв. Донецкого горного ин-та.* – 2004. – № 1. – С. 109–111.
12. *Снижение травматизма* от проявлений горного давления / В. И. Николин, С. В. Подкопаев, А. В. Агафонов, Н. В. Макеев. – Донецк: Норд-Пресс. – 2005. – 331 с.