

11. Yi-Hong L. A feasibility study for achieving high output and high efficiency in highly gassy mines // Int. Symp. on management and control of high gas emissions and outbursts in underground coal mines. Wollongong, Australia, 1995. - Pp. 245-250.

12. Enever J.R., Jeffrey R.G. Hydraulic fracture development in Australian coal seams // Int. Symp. on management and control of high gas emissions and outbursts in underground coal mines. Wollongong, Australia, 1995. - Pp. 267-276.

13. Dunn B.W. Vertical well degasification in advance of mining // Int. Symp. on management and control of high gas emissions and outbursts in underground coal mines. Wollongong, Australia, 1995. - Pp. 267-276.

14. Ушаков К.З., Бурачков А.С., Пучков Л.Н., Мельвект И.И. Аэрология горных предприятий: Учебное пособие для вузов - М.: Недра, 1987. - 421 с.

15. Lapa R.D., Bodziony I. Outburst of gas, coal and rock in underground coal mines - Wollongong, NSW, Australia - 499 p.

16. Абрамов В.А., Бойко В.А. Автоматизация просеивания шахт - Киев: Наукова думка, 1967 - 312 с.

17. Абрамов Ф.А., Федьман Л.Л., Святый В.А. Моделирование динамических процессов рудничной аэрологии - Киев: Наукова думка, 1981 - 284 с.

18. Айруни А.Т. Теория и практика борьбы с рудничными газами на больших глубинах - М.: Недра, 1981 - 336 с.

19. Современные проблемы шахтного метана. Сб. научн. трудов.-М.: МГУ, 1999 - 324 с.

20. Шевченко В.В., Божий Б.В., Назимко В.В. Особенности фильтрации метана в окрестности очистного забоя, прилегающего к ранее выработанному пространству // Гестехническая механика - Днепродзержинск, ИГТМ, 2002. №35 - С. 128-135.

21. Круковский А.Л., Круковская В.В. Учет напряженно-деформированного состояния угленосного массива при расчете фильтрации газа в зоне влияния очистной выработки // Гестехническая механика - Днепродзержинск, ИГТМ, 2004. №50 - С. 156-164.

22. Liu S. Three-dimensional geostatic deformation surveying for Naner area in Daqing oilfield // Proceedings of ISM 12<sup>th</sup> Int. Conf. - Beijing, China, 2004 - Pp. 594-596.

23. Рудничная вентиляция: Справочник. Под ред. Ушакова К.З. - М.: Недра, 1988, 144 с.

24. Божий Б.В. Результаты моделирования перераспределения давления метана в окрестности движущегося очистного забоя (часть 1) // Проблемы газового пласта - Донецк, ДонНТУ, вып. 13, 2005. - С. 36-58.

25. Пучков Л.А., Калелина Н.О. Динамика метана в выработанных пространствах угольных шахт - М.: Издательство МГУ - 1995 - 314 с.

УДК 622.831.322

Д-р техн. наук С.В. Полкопаев, канд. техн. наук А.А. Василев,

канд. техн. наук А.К. Носач (ДонНТУ),

канд. техн. наук В.Р. Алабьев (МакНТИ)

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ЗАЩИТНЫХ ПЛАСТОВ\*

У статьи выделено основные положения физической сути процессов, что відбуваються в породах між пластами в результаті розвантаження при першочерговому відправчуванні захисних пластів, що приводить до деформацій генетичного повернення.

### PRACTICAL REALIZATION OF THE DEVELOPMENT TO THEORIES DEFENSIVE LAYER

In article are stated basic positions physical essence of the processes, proceeding in rock between layers as a result of unload upon priority coal mining defensive layer, bring about deforming the genetic return

Из всех известных практик разработки выработанных пластов способов предотвращения выбросов угля (породы) и газа наиболее эффективным является способ опережающей (первоочередной) отработки защитных пластов. Два

\* Исследования выполнялись под научно-методическим руководством проф. Николина В.И.

параметра названного мероприятия (мощность пород междупластья по нормам  $M$  и опережение лавой защитного пласта горных работ выработочного  $L$ ) были заимствованы у специалистов Франции и впервые применены на шахтах Донбасса в 1939 г. Затем в разные годы параметры названного способа уточнялись, дополнялись и корректировались. Основанием для уточнения и корректировки параметров являлся только опыт разработки выработочных шахтопластов.

Начиная с 1950 г. под научно-методическим руководством ВНИИ разрабатывалась теория защитных пластов [1]. На различных этапах проводившихся исследований устанавливались закономерности развития деформаций массива горных пород, зависимости размеров зон разгрузки от мощности и состава пород междупластья, разрабатывались способы расчета границ защитного действия.

Результаты выполненных работ были положены в основу создания соответствующих «Инструкций...», являющихся Приложениями к ПБ [2, 3].

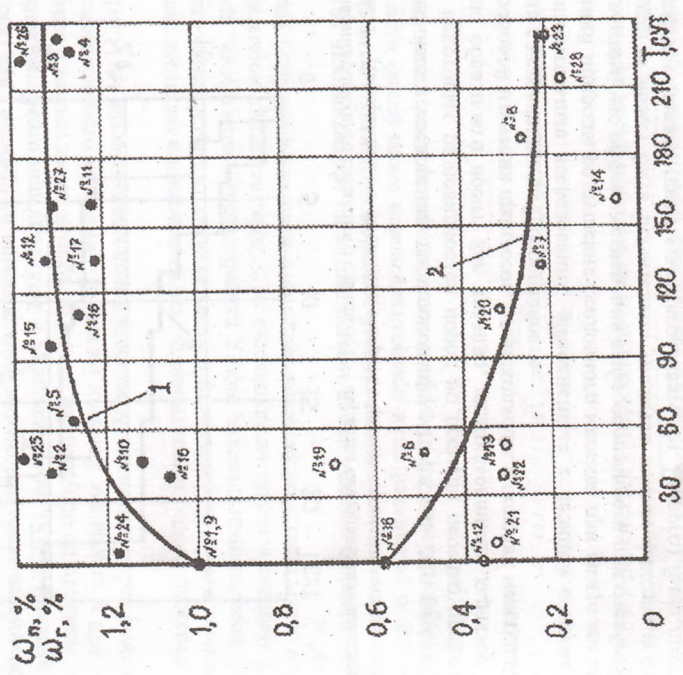
Несмотря на проведенные исследования в шестидесятые - девяностые годы XX столетия не единичными оказались случаи внезапных выбросов, происходившие при выемке угля в выработках, которые в соответствии с нормативными решениями проводились в условиях полной и даже двойной защиты [4].

Анализ случаев выбросов, произошедших в условиях полной защиты, позволил сделать вывод о том, что эффект первоочередной отработки ранее как процесс, обусловливающий временными изменениями в породах междупластья, изучался недостаточно. Упускалось важнейшее положение о том, что перераспределение напряжений при разгрузке (упругое) может произойти мгновенно, но так же мгновенно дегазация под- или надработанного участка шахтопласта произойти не может.

Отмеченное стало основанием постановки проблемы дальнейшего развития теории защитных пластов, но теперь основанной на исследованиях природы разрушения осадочного массива при разгрузке [5, 6]. Они позволили по-новому оценить геомеханические процессы, происходящие в породах междупластья, которые обеспечивают газоотдачу - дегазацию выработочных шахтопластов, приводящую к устранению выработочности. Базировались исследования на двух группах фундаментальных фактов: во-первых, на разрушении горных пород при разгрузке; во-вторых, на склонности большой группы продолжительное время объемно нагруженных материалов к деформациям генетического возврата при разгрузке.

На основании полученных результатов при изучении особенностей проявления горного давления в выработках на современных глубинах было установлено, что специфика формирования массива осадочных горных пород обусловила наряду с физико-химическими превращениями его неупругое деформирование при трехосном сжатии в течение длительного периода времени. Они создали качественно новое свойство пород - способность деформироваться при разгрузке. Применительно к реальным условиям разработки угольных пластов принципиальная природная особенность заключается в том, что длительное на-

при реализации практически непроницаемым углеродным массивом нового свойства — склонности к газоотдаче. Подтверждение имеет в виду то своеобразное изменение во времени соотношения объемов пор различных размеров, которое заключается в увеличении объемов пор более  $10^{-7}$  м за счет роста пор размерами менее  $10^{-7}$  м, из которых вода не может испаряться.



№1, 4, 9, 14, 18, 20 - ш. «Угледорожка»; №21-26 - ш. им. К. Маркса; №5-8, 15-17, 27, 28 - ш. им. Гаевского  
 Рис. 1 - Зависимости изменения полной влагоемкости  $\omega_h$  (1) и физической связанной влажности  $\omega_s$  (2) образцов горных пород от времени t, сут.

В следующей серии экспериментов индикаторами часового типа ИЧ10МН (цена деления 0,01 мм) перпендикулярно слоистости измеряли ДТВ. Часть образцов парафинировали для сохранения природной (материнской) влажности. Для «возвращения» природных значений влажности часть образцов устанавливали на стенде в специальных стаканах.

В результате измерений было установлено, что возникновение и развитие при разгрузке ДТВ и их дополнительное увеличение (интенсификация) имеет

гружение (миллионы лет), обусловившее полноту, происходило при непрерывно протекающих физико-химических превращениях органических веществ, и в комплексе — склонность массива к деформациям генетического возврата (ДТВ).

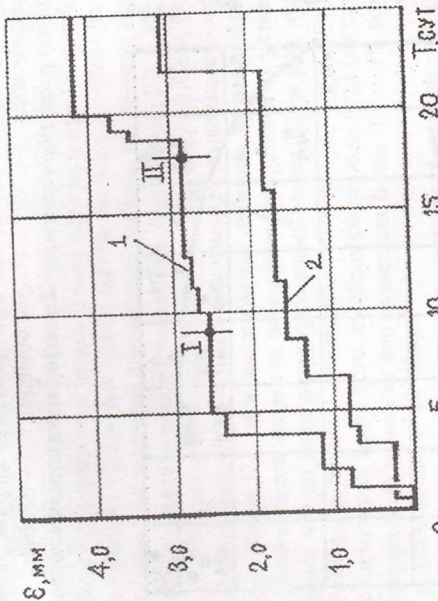
Ранее в мировой практике горного дела не изучалась зависимость развития ДТВ от изменения влажности пород. Такие эксперименты впервые были выполнены на образцах осадочных пород шахты им. Гаевского (песчанистые сланцы, гор. 975 м), «Угледорожка» (глинистые сланцы, песчаники, гор. 820 м) и им. К. Маркса (глинистые сланцы, песчаники, гор. 1000 м) ГП «Орджоникидзеуголь», им. Челюскинцев (глинистые сланцы, гор. 1200 м) ГП «Донецкуголь». При анализе полученных результатов учитывали выводы, к которым ранее пришел проф. Харин С.Е. при исследовании явлений, возникающих при передвижении смачивающей жидкости по капиллярам различных размеров [7]. Им было доказано, что до капиллярам размерами менее  $10^{-7}$  м при наличии электрокинетического потенциала флюид протекать не будет, под каким бы давлением он не натгетался. Более того, из образцов породы вода (материнская) выделяется (испаряется) только из пор размерами более  $10^{-7}$  м. Из пор размерами менее  $10^{-7}$  м она выделяться не может.

Нами эксперименты выполнялись по следующей методике. В шахте за пределами влияния горных работ отбирали значительное число образцов, которые распределяли в лаборатории по группам (7-8 образцов в каждой группе) и держали их при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуре. По каждой группе образцов ежедневно (в течение не менее 5 суток) измеряли уменьшение их массы до её 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. После взвешивания высушенных образцов рассчитывали их физически связанную влажность  $\omega_{ф.с.}$ . Полную или максимальную влагоемкость ( $\omega_h$ ) определяли после насыщения (в течение 10 суток) образцов водой. Опыты повторяли по остальным группам образцов через 40, 150, 225 и 260 суток. Взвешивания производились на специальных электронных весах (тип ВЛР-200 г) с точностью до третьего после десятичной знака [8].

Основной смысл экспериментов заключался в оценке динамики уменьшения природной влажности, прироста влажности образцов после высушивания и влияния на названные процессы как ДТВ, так и взаимосвязи последних с изменением влажности. При изучении развития ДТВ, изменения влажности пород рассматривали не только как их физическую характеристику, но и как критерий изменения объема порового пространства, перераспределения соотношения объемов пор размерами менее и более  $10^{-7}$  м.

На рис. 1 приведены зависимости изменения полной влагоемкости и физической связанной влажности во времени. Установленные зависимости подтверждают изменение структуры порового пространства и перераспределение соотношения объема пор размерами менее и более  $10^{-7}$  м, устанавливая тем самым как реальность развития ДТВ, так и их научную и практическую значимость

место при росте влажности образцов. Графики, представленные на рис. 2, являются частными случаями доказательств установленных положений.



1, 2 - парафинированного глинистого сланца. I, II - периоды «возвращения» влажности  
Рис. 2 - Деформации генетического возврата образцов глинистого сланца

Выполненные исследования дают основание утверждать, что развитие деформаций некоторых разновидностей пород во времени нередко приводит к разрушению образцов и носит, как правило, «импульсивный» характер. Они являются основой изучения процессов, происходящих в породах междупластья, приводящих к устранению выбросоопасности.

Экспериментальные исследования, выполненные с позиций современных представлений природы разрушения осадочного массива при разгрузке свидетельствуют о том, что эффект устранения выбросоопасности при отработке защитных пластов может быть значительно увеличен за счет фактора времени. Так в шахтных условиях (шахты «Углегорская», им. Гаевского) было доказано, что развивающиеся в междупластье после разгрузки ДТВ приводят к увеличению газоотдачи углеродного массива и обуславливают достаточную детазацию выбросоопасного пласта. С учётом ранее выполненных исследований [4, 5, 6, 8] доказали, что эффект устранения выбросоопасности имеет место при величине междупластья  $M$  менее или равной 80 м.

В «Инструкции...» [2] геометрическое опережение очистными работами защитных пластов  $L$ , в течение многих лет определялось как  $L \geq 2M$ , а затем было неоправданно уменьшено до величины  $L \geq M$  в «Инструкции...» [3]. При этом без всякого обоснования осталась прежней величина минимально допустимого опережения в кровле и в почве - не менее 20 м.

Исходя из новых представлений изучения природных закономерностей развития ДТВ при разгрузке, экспериментально в шахтных условиях была опреде-

лена величина минимально допустимого опережения защитного пласта, при мощности пород междупластья по нормам  $M \leq 20$  м.

Как показал опыт отработки выбросоопасных пластов при ограниченной мощности пород междупластья  $M = 10-20$  м нормативное требование к опережению левой защитного пласта горных работ выбросоопасного не менее 20 м недостаточно, т.к. на защищенном выбросоопасном пласте выемка угля будет производиться в период максимального газовыделения.

Обоснованность этого положения была доказана на примере двух газодинамических явлений (ГДЯ), произошедших в 2000 году при отработке выбросоопасного и опасного по обрушениям пласта  $m_3$  Куцый на восточном и западном крыле гор. 975 м шахты им. Гаевского. Пласт  $m_3$  - «Куцый» отрабатывается под защитой пласта  $m_5$  - «Трицынка». Мощность пород междупластья  $M = 11,6-14,5$  м [18].

Таким образом, можно констатировать, что на основании шахтных экспериментов, базирующихся на реальности и учитывающих газовыделение - газоотдачу из выбросоопасных пластов, под- и надработанных защитными, при минимальной мощности пород междупластья  $M \leq 20$  м, величина нормативного минимально допустимого опережения защитного пласта должна быть увеличена с 20 до 30 м.

Изучение влияния состава пород междупластья на эффективность устранения выбросоопасности при первоочередной разработке защитных пластов привело к выводу о решающей роли присутствия в мен слоев (слоя) известняка [6, 9]. При междупластья  $M > 15$  эффект защиты экранируется, если критерий защищенности  $K_3 > 9$ :

$$K_3 = \frac{M_{из.}}{m_3}$$

где  $M_{из.}$  - расстояние от слоя известняка до защитного пласта, м;  $m_3$  - мощность защитного пласта.

Названные рекомендации ДонНТУ направлены МакНИИ и УкрНИИИ для исключения в разрабатываемые ДНАОП 1.130 - 1.XX - 04 «Безопасное ведение горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория защитных пластов / И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С.Сидоров, А.И. Фельдман - М.: Недра, 1976. - 218 с.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа. - М.: Недра, 1977. - 160 с.
3. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных к внезапным выбросам угля, породы и газа. - М.: Минуглепром СССР, 1989. - 192 с.
4. Николин В.И., Васильчук М.П. Прогнозирование и устранение выбросоопасности при разработке угольных месторождений. - Липецк: Липецкое изд-во Госкомпечати, 1997. - 196 с.

5. Забугайло В.Е., Николин В.И. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выростоспособность. - К.: Наукова думка, 1990. - 168 с.
6. Подкопаев С.В. Розвиток теорії захисних пластів на основі встановлених природних закономірностей деформацій генетичного повернення. - Автореф. дис... докт. техн. наук. - 05.26.01 / ДонНТУ. - Донецьк: 2004. - 34 с.
7. Харин С.Е. Физическая химия. - Киев: КГУ, 1961 - 424 с.
8. Особенности травматизма от обрушений в лавах крутых пластов / Николин В.И., Подкопаев С.В., Сорокопуд М.П., Головачев И.Н. // Физико-технические проблемы горного производства. - Донецк: Лебедь. - 2001. - Вып. 3. - С. 101 - 108.
9. Николин В.И., Подкопаев С.В., Гончаров А.Д. Изучение природы экранулопного эффекта известняка междупласты при обработке защитных пластов // Безопасность труда в промышленности. - 1999. - №10. - С. 28-30.

УДК 622.831.325

### Инж. В.А. Нечитайло (ИГТМ НАНУ) АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ГОРНОГО МАССИВА

Проведений анализ методів керування станом гірничого масиву приводить до висновку, що в теперішній час найбільш перспективними стають активні методи керування напружено-деформованим станом вугільного пласту, такі як, вібраційна дія безпосередньо на вугільний пласт, так і через зумінуючі породи.

### THE ANALYSIS OF METHODS OF MANAGEMENT OF A CONDITION OF A MOUNTAIN ROCKS

The carried out analysis of methods of management of a condition of a mountain rocks to result in a conclusion, that now most perspective become active methods of management of the pressure-deformed condition of a coal layer: the vibrating action as is direct on a coal layer, and through containing breeds.

Под терміном «управління станом гірничого масива» розуміється сукупність заходів по цілеспрямованому переводу масива в заведомо устійчиве стан, близьке до граничного або неустійчивого стану. Осуществляється шляхом змін в процесі розробки форми, параметрів і продуктивності обнаження гірних порід, а також змін фізико-механічних властивостей порід, забезпечують економічне і безпечне ведення гірних робіт [1].

В даний час різні методи управління станом гірничого масива з урахуванням пасивних і активних факторів, що впливають на стан, розрізняються [2, 3].

До пасивних факторів стану гірничого масива, належать природні фактори, що виникають в процесі формування місцевих родовищ корисних копалин. Для угольних пластів ними є фізико-механічні властивості структури масиву, а також її компоненти: твердість і пористість порід, пористість флюїдів. Управління станом масиву досягається шляхом змін в основному технологічному процесі розробки пласта з використанням (регіональним або локальним) на нього, забезпечуючим направлення змінних характеристик вказаних факторів. К таким впливам належать ін-

екції упрочнюючих або пластифікуючих розтворів, доповнюють різноманітні процеси масиву, інтенсифікація фільтраційних процесів і т.п. Невважаючи на комплексне вплив вказаних факторів на загальний стан гірничого масиву, в їх основі лежить принцип змін властивостей і структури масиву [4].

Складна структура масиву, що складається з гірних масивів, встановлена мною дослідженнями [5, 6, 7, 8]. Воно багатьох роботах досліджується з урахуванням фізико-механічних характеристик гірних порід масиву.

В роботах [9, 10, 11, 12] автори відзначають пористість як головний фактор, що впливає на механічні властивості гірних порід. Пошук взаємозв'язків між цими факторами потребує розробки розрахункових методів оцінки характеристик масиву з урахуванням пористості і тріщинності на основі нових математичних моделей, що використовують експериментальні дані. Отримані результати дозволяють прогнозувати напрямлені зміни властивостей масиву.

В роботі [13] для моделі, що складається з сферических елементів, розподілених в узлах кубічної решітки, експоненціальна залежність пористості і модуля упругості від пористості виведена в якості показової функції. Ця модель дозволяє визначити вплив величини площі контакту між структурними елементами масиву на її властивості.

Автори роботи [14], використовують детерміністичний підхід до опису процесу ведення масиву, поетапно укладають передбачувану задачу, урахуванням додатково структурних факторів і властивостей масиву: наявності тріщин, дефектів типу тріщин, інтегральної пористості, функцій розподілу тріщин по розмірам, абсолютного розміру пор по відношенню до розмірів тріщин і об'ємного наповнення таких тріщин, ступеня неупорядоченості, розподілу пор по об'єму і др. Рассматривая плоскую модель (пластинка с ромбовидными или квадратными ячейками под действием равномерного растяжения) авторы получили простые зависимости для оценки эффективных характеристик

В роботах [15, 16] запропоновано метод оцінки ефективних характеристик масиву, що складається з паралельних ізоляційних газонаповнених тріщин, що взаємодіють між собою і розташованих в процесі змін зовнішньої навантаження. Встановлено, що при зростанні навантаження, починаючи з певного радіуса тріщини, починається її розрив. При цьому модуль упругості і сдвига зменшуються при достаточному зростанні навантаження бо-льше чим на порядок. Виконані дослідження дозволяють вивести залежності характеристик пористої газонаповненої масиву від величини перерізу тріщини навантаження. Однак використання цієї залежності ускладнюється трудністю урахування її складових в математичних розрахунках.

Більш прості залежності для розрахунку ефективних характеристик масиву з різною пористістю виведені в роботі [17]. Для складних масивів з розсіяними тріщинами (порами) при малій концентрації включень оцінку об'ємного модуля і модуля сдвига пропонується визначати через