

## Применение десорбиметрии при контроле эффективности защитного действия

В соответствии с действующим нормативным документом [1] контроль эффективности защитного действия опережающей подработки или надработки выбросоопасных угольных пластов производят по выходу буровой мелочи и начальной скорости газыделения из шпуров глубиной не менее 5 м. При этом методе, в связи с увеличением глубины шпуров по сравнению с текущим прогнозом выбросоопасности, возникает ряд технологических затруднений для получения достоверных показателей оценки газодинамического состояния под- и надрабатываемых пластов.

Для разработки нового способа контроля эффективности был использован прибор ДШ-1 и метод десорбиметрии МакНИИ [2]. Экспериментальные исследования сорбционных показателей угольных пластов выполнялись в следующей последовательности. В каждом из забоев производилось бурение шпуров в направлении подвигания забоя выработки диаметром 42–43 мм на глубину 3–5 м. Определение показателей десорбции производилось по динамике выделения газа из буровой мелочи, получаемой в процессе бурения стандартным угольным резцом РУ без разделения пробы на фракции по её размерам. Пробу угля отбирали в конце каждого метра бурения и помещали в штыбприемник емкостью 33 см<sup>3</sup> десорбиметра ДШ-1 и герметизировали крышкой. Отсчет по шкале микроманометра с пределами измерений от 2 до 300 мм рт. ст. производился через 10 с, продолжительность измерения давления на каждом из интервалов составляла 40 с. Десорбционный показатель рассчитывался как разность между конечным и начальным измерениями давления.

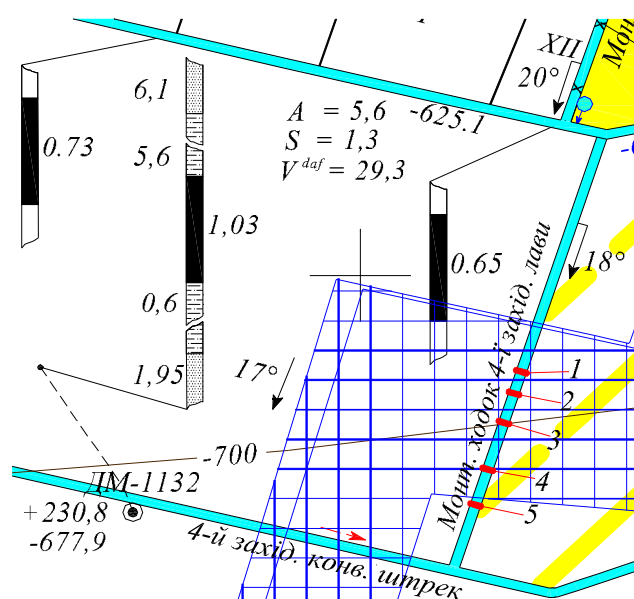
В первую очередь был проведен анализ влияния конструктивных параметров прибора и методики проведения измерений на ошибку характеристики интенсивности десорбции с точки зрения системы идеального газа в герметичном свободном объеме десорбиметра. Следует отметить, что анализ влияющих факторов, выполненный на данном техническом уровне прибора ДШ-1, без учета ряда термодинамических параметров десорбции является неполным, но, основываясь на полученных результатах, можно выдвинуть следующие требования к прибору:

- обеспечение герметичности десорбиметра во время измерения;
- относительная ошибка измерения давления не должна превышать более 10 % во всем диапазоне;
- свободный объем десорбиметра должен быть не менее  $6,5 \times 10^{-6} \text{ м}^3$  ( $6,5 \text{ см}^3$ ) при среднеквадратическом отклонении величины объема пробы  $mV = 0,2 \times 10^{-6} \text{ м}^3$  ( $0,2 \text{ см}^3$ ) или  $V = 0,5 \times 10^{-4} \text{ м}^3$  ( $50 \text{ см}^3$ ) при  $mV = 0,5 \times 10^{-6} \text{ м}^3$  ( $0,5 \text{ см}^3$ ) во всех сериях экспериментов;
- конструкция прибора должна минимизировать теплообмен пробы угля с окружающей средой.

На шахте им. А.Ф. Засядько были проведены измерения интенсивности десорбции (рис. 1) в 4-й западной лаве пл.  $l_4$  (в защищенной зоне) и в монтажном ходе лавы (в незащищенной зоне). Горно-геологические характеристики объекта исследований приведены в табл. 1. Результаты измерений представлены на рис. 2 (с учетом контроля герметичности десорбиметра).

Таблица 1 – Горно-геологические характеристики объекта исследований на шахте им. А.Ф. Засядько, 4-я западная лава пласта  $l_4$

Характеристика	Величина
Мощность пласта, м	0,9
Угол падения, град.	9-18
Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протоdjяконова	0,8
Природная газоносность, м <sup>3</sup> /т	17-20
Выход летучих веществ, %	31
Комплексный показатель метаморфизма	25



Даты бурения шпуров для отбора проб:

1 – 22.06.07; 2 – 26.06.07; 3 – 03.07.07;

4 – 12.07.07; 5 – 18.07.07


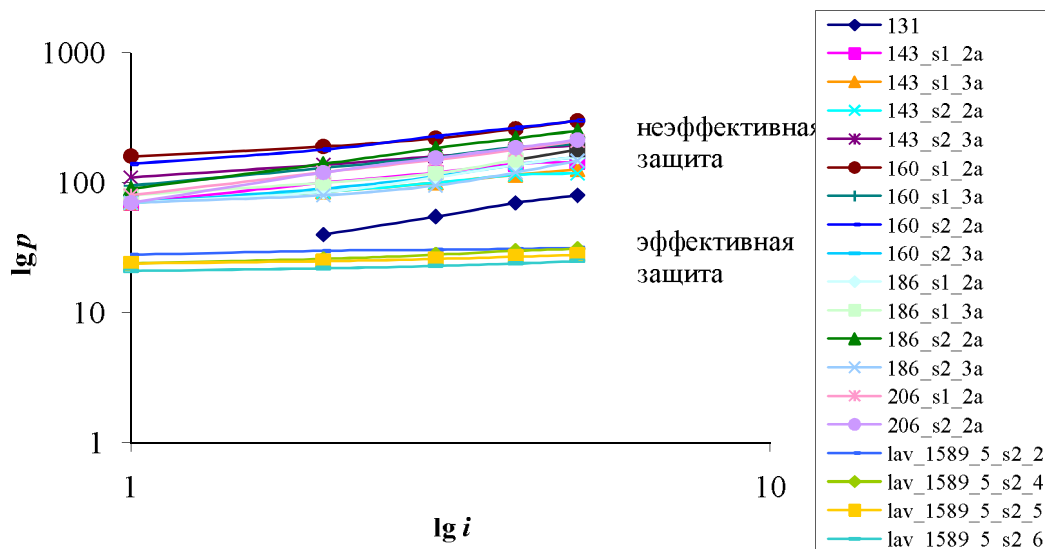
 – зона повышенного горного давления от краевой части 8-й западной лавы на защитном пласте  $l_1$ , незащищенная зона

Рисунок 1 – Выкопировка с плана горных работ пласта  $l_4$  шахты им. А.Ф. Засядько, 4-я западная лава

Для разработки метода контроля герметичности прибора во время измерений был проведен анализ экспериментальных данных измерения роста давления десорбирующегося газа из угля в закрытом объеме прибора. В результате регрессионного анализа установлена корреляционная связь вида:

$$p_i = A i^\beta, \quad (1)$$



143\_s1\_2 – 143 ПК монтажного ходка 4-й западной лавы пласта  $l_4$ ; s1 – шпур № 1, 2-й метр бурения; все данные по 4-й западной лаве измерены в нижней нише (ПК15+8,9 м откаточного штрека), для 2, 4, 5, 6 метров бурения; шкала времени – условная

Рисунок 2 – Результаты определения интенсивности десорбции  $\beta$  в двойных логарифмических координатах

где  $p_i$  – давление газа;

$i$  – условное время эксперимента, соответствующее порядковому номеру отсчета  $p_i$ .

При этом средние коэффициенты корреляции для групп экспериментальных измерений в различных геомеханических зонах составляли не менее 0,97.

Следовательно отсутствие герметичности приводит к резким падениям давления, несоответствующим зависимости (1). Поэтому коэффициент корреляции может служить оценкой надежности результатов измерений с использованием критического значения, определяемого по уровню значимости с учетом точности и объема измерений. Разработанный метод контроля герметичности прибора во время измерения был внесен в руководство по эксплуатации разрабатываемого десорбтометра нового поколения ДЭШи УХЛ5 конструкции МакНИИ.

В соответствии с [2] защитное действие опережающей разработки следует считать эффективным, если

$$\Delta P'_i < \Delta P_K = k \sum_{i=1}^n \Delta P_i, \quad (2)$$

где  $P_i$  – единичные определения прогностического параметра для проб, которые отобраны на незащищенных участках пласта;

$\Delta P'_i$  – параметр, определенный на участках с контролируемой эффективностью защитного действия;

$k$  – коэффициент условий разработки, изменяющийся от 0,3 до 0,6, устанавливается опытным путем по согласованию с МакНИИ.

По результатам обработки данных (таблица 2) видно, что при любом значении  $k$  выполняется условие (2), т.е. критерий и методика в целом могут быть применимы в данных условиях.

Одним из недостатков рассмотренной методики является отсутствие вероятностной оценки надежно-

сти критерия в условии (2). Выходом из этого может быть проведение контроля эффективности за счет сравнения интенсивности десорбции на участках зон:

- с эффективной надработкой (подработкой), где была проведена оценка эффективности надежным методом, например, по показателю степени метаморфизма, учитывающего газоносность [3, п. 2.1.3; С. 19];
- с оцениваемой эффективностью.

Таблица 2 – Результаты обработки измерений интенсивности десорбции ( $\Delta P$ ) на шахте им. А.Ф. Засядько, пласт  $l_4$

Наименование показателей	Значение в различных геомеханических зонах	
	в защищенной	в незащищенной
Средние значения показателей при подработке на разных участках, мм рт. ст.	4,6	100,5
Объем групп, измерений	4	15
Среднеквадратическое отклонение групп, мм рт. ст.	1,60	38,32

В качестве характеристики интенсивности десорбции газа из буровой мелочи можно использовать показатель степени  $\beta$  в аппроксимирующей функции (1). Характеристика интенсивности десорбции  $\beta$  остается постоянной в течение 15 – 20 минут, следовательно менее зависит от времени отбора и герметизации пробы.

Буровую мелочь отбирают с помощью мензурки с фиксированным объемом, помещают в прибор и берут не менее четырех отсчетов давления через 10, 20, 30, 40 с после герметизации пробы. Время заменяется условными значениями  $t_i/10$  с, т.е. на 1, 2, 3, 4. Полученные данные аппроксимируют методом наименьших квадратов функцией вида (1).

Значения интенсивности десорбции группируются в две выборки из участков зон контролируемой и эф-

фективной надработки (подработки). Сравнение средних параметров интенсивности десорбции в зонах эффективной и контролируемой эффективности проводится с использованием статистик Стьюдента и Фишера-Снедекора. Надработка или подработка считается эффективной, если обе статистики не показали существенного различия интенсивности десорбции в различных зонах. В противном случае влияние подработки или надработки считается неэффективным.

Например, полученные данные разделены на две выборки для соответствующих геомеханических зон (рисунок 2). В результате статистической обработки данных были получены наблюдаемые значения критериев (табл. 3). Критическое значение критерия Стьюдента при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  составляет  $t_{кр}(17; 0,05) = 2,11$  [4], Фишера-Снедекора при  $\alpha = 0,05$

равняется  $F_{кр}(14; 3; 0,05) = 8,71$  ([4]). Таким образом,  $t_{набл} = 5,4 > t_{кр}$ ,  $F_{набл} = 17 > F_{кр}$ , что свидетельствует о значимом отличии параметров интенсивности десорбции газа в разных зонах и отсутствии защиты на участке проведения экспериментальных работ в монтажном ходе 4-й западной лавы (таблица 3).

Применение способа оценки эффективности, основанного, например, на контроле газоносности участков угольного пласта в различных геомеханических зонах, наряду с текущим десорбометрическим контролем эффективности даст возможность сочетать простоту, оперативность с надежностью установленных критических значений при статистической обоснованности методов и возможностью вероятностной оценки надежности принимаемого решения.

Таблица 3 – Сравнение величины показателя интенсивности десорбции  $\beta$  на защищенных и незащищенных участках пласта  $l_4$  шахты им. А.Ф. Засядько

Наименование показателей	Величина показателя	
	Среднее значение показателя $\beta$ , мм рт. ст.	в защищенной зоне
	в незащищенной зоне	0,565
Наблюдаемый критерий Стьюдента $t_{набл}$	5,44	
Степень свободы $df$	17	
Вероятность $p$	0,00	
Критический критерий Стьюдента $t_{кр}$	2,11	
Количество определений $\beta$	в защищенной зоне	4
	в незащищенной зоне	15
Среднеквадратическая погрешность $\beta$ , мм рт. ст.	в защищенной зоне	0,039
	в незащищенной зоне	0,163
Наблюдаемый критерий Фишера-Снедекора $F_{набл}$	17	
Вероятность ошибки $p$	0,04	
Критический критерий Фишера-Снедекора $F_{кр}$	8,71	

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОУ 10.1.00174088.011-2005. Правила ведения гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ. Прийнято та надано чинності: наказ Мінвуглепрому від 30.12.2005 р. № 145 – Вид. офіц. Київ: Мінвуглепром України, 2005. 225 с.
2. НАОП 1.1.30–5.06.89. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа / Минвуглепром СССР. М., 1989. 191 с.
3. Правила визначення ефективності випереджального захисту пластів, схильних до газодинамічних явищ / Брюханов О. М., Коптиков В. П., Анциферов А. В., Рубінський О. О., Дрібан В. О., Канін В. О. та ін. // СОУ-П 10.00174088.016:20009. Надано чинності наказом Мінвуглепрома від 1 червня 2009 р. № 217. Київ, 2009. 37 с.
4. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. 4-е изд., доп. М.: Высшая школа, 1972. 368 с.

**УДК 622.537.8: 550.42: 533.6**

**КАНИН В.А.,  
ТАРАНИК А.А.,  
БРЮМ В.З.**

## Геохимический подход к проблеме прогнозирования аварийных ситуаций по газовому фактору

Угольная промышленность Украины является важнейшей составляющей топливно-энергетического комплекса, обеспечивает сырьем и топливом энергетику, металлургию, химическую и ряд других промышленных отраслей. Переживая сложный период реконструкции, угольная промышленность после тяжелого периода падения объемов производства постепенно наращивает добычу угля и по праву становится одной из ключевых отраслей украинской экономики.

Со второй половины 70-х годов основное внимание уделялось освоению новых перспективных месторождений на востоке СССР. Основные финансовые и материальные средства направлялись на развитие добычи угля открытым способом, а в отношении Донецкого бассейна создавалось общественное мнение, что дальнейшая добыча угля здесь является неперспективной. В результате такой политики угольная промышленность Украины, десятилетиями формировавшая гигантскую индустрию, которая обеспечивала топливом европейскую часть СССР и половину союзной потребности в углях коксующихся марок, оказалась с массой нерешенных социальных проблем и самым старым (в СНГ) шахтным фондом. За весь по-

рождений на востоке СССР. Основные финансовые и материальные средства направлялись на развитие добычи угля открытым способом, а в отношении Донецкого бассейна создавалось общественное мнение, что дальнейшая добыча угля здесь является неперспективной. В результате такой политики угольная промышленность Украины, десятилетиями формировавшая гигантскую индустрию, которая обеспечивала топливом европейскую часть СССР и половину союзной потребности в углях коксующихся марок, оказалась с массой нерешенных социальных проблем и самым старым (в СНГ) шахтным фондом. За весь по-