

ОЦЕНКА ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УГОЛЬНОГО МАССИВА ПО ДИФфуЗИИ МЕТАНА ИЗ УГЛЯ

к.т.н. Стариков Г.П., к.т.н. Завражин В.В., к.ф.-м.н. Василенко Т.А.,
(ИФГП НАН Украины), инж. Старикова И.Г.

У статті викладений стан проблеми і науково обґрунтована методика визначення дифузійного параметра та енергії активації виходу метана з вугілля, що дозволяє оцінювати ступінь пошкоджуваності порового об'єму вугілля при зміні виду деформаційного стану. З використанням розробленої методики виконані дослідження з контролю стану вугільного масива пласта m_3 шахти ім. О.Ф. Засядько при застосуванні способу гідророзпушування та пласта l_1 шахти ім. О.Ф. Засядько при застосуванні розвантажувальних шпар.

ESTIMATION OF THE GAZODYNAMICS STATE OF COAL ARRAY ON DIFFUSION OF METHANE FROM A COAL

Starikov G.P., Zavrazhin V.V., Vasilenko T.A., Starikova I.G.

In the article are expounded the state of problem and scientifically substantiate method of determination of diffusive parameter and energy of activating of output of methane from a coal, allowing to estimate the degree of damage pore volume of coal at the change of type of the deformation state. With the use of the developed method the researches are executed on the control of the state of coal array of layer of m_3 mine by him A.F. Zasyadko at application of method of hydroloosening and layer of l_1 mine by him A.F. Zasyadko at application of unloading mining holes.

Введение.

В соответствии с [1] контроль эффективности применения способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа в пластовых подготовительных выработках осуществляется по динамике начальной скорости газовой выделения и регистрации акустического сигнала при воздействии на угольный массив. Указанные способы имеют широкое распространение и обеспечивают достаточный уровень безопасности при оценке эффективности противовыбросных мероприятий. Тем не менее, после противовыбросной обработки опасных участков, выявленных прогнозом, контроль эффективности допускает ошибки первого рода.

Это может быть связано с тем фактом, что применяемые способы предотвращения выбросов не обеспечивают разрушение порового объема угля, в частности, закрытой пористости, которая является основным аккумулятором метана. Частичная разгрузка от горного давления вызывает незначительное упругое восстановление и способствует развитию систем трещин с невысокой плотностью, но достаточной для того, чтобы способы контроля фиксировали эффективность данного мероприятия. Для исключения таких ошибок необходим метод позволяющий оценивать повреж-

плотность поровой структуры угля при применении противовыбросных мероприятий для данного участка пласта в конкретных горно-геологических условиях и степень ее изменения.

1. Методика определения параметра диффузии и энергии активации выхода метана из угля.

Основными характеристиками, определяющими выделение метана и образование его опасной концентрации в подготовительных выработках, являются концентрация метана в угольном веществе в закрытых и открытых порах, диффузия молекул метана из угля в воздушное пространство в зависимости от температуры угля. Каждый из этих факторов в большей или меньшей степени характеризует этот процесс, но определяют его, в основном, диффузионные параметры угольного вещества [2]. В основу метода расчета диффузионных параметров положен принцип определения количества метана в газонасыщенных образцах угля двух фракций в процессе десорбции метана, которые позволяют оценивать структурные изменения в угле на микроуровне, возникающих под влиянием противовыбросных технологических мероприятий.

В основу этого метода расчета энергии активации диффузионного процесса положен принцип определения количества метана в газонасыщенных образцах угля двух фракций в процессе десорбции метана [3]. Расчетная формула для коэффициента диффузии имеет вид:

$$D = \frac{R_2^2 \ln Q_1 - R_1^2 \ln Q_2}{6t \ln \frac{Q_1}{Q_2}}, \quad (1)$$

где Q_1, Q_2 – газовыделение из фракции угля R_1, R_2 ;
 t – время газовыделения.

Энергия активации выхода метана из угля:

$$E = 8,31R \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln(D_1 / D_2), \quad (2)$$

где R – универсальная газовая постоянная;
 T_1, T_2 – температура, при которой определяется D_1, D_2 ($T_1 = 293^0\text{K}$, $T_2 = 323^0\text{K}$).

Для проверки эффективности обработки пробы брались из двух скважин, глубиной 3 метра. Отобранные образцы помещались в герметичный контейнер, и доставлялись в лабораторию.

Для определения диффузионных параметров с каждого угольного образца отбирались две фракции с размером частиц 0,4-0,5 мм и 2-2,5 мм в количестве не менее 10 гр. Отобранные частица угля высушивались в те-

чении 60 минут при температуре 105°C с контролем качества высушивания по спектрам ЯМР до полного исчезновения лоренцевой составляющей спектра. Высушенные фракции помещались в емкости высокого давления, герметизировались, затем производилось их вакуумирование при давлении 10^{-4} МПа и насыщение метаном при давлении 10 МПа в течение 144 часов. После извлечения угольных фракций определялась потеря массы метана из каждой фракции угля при температуре 25°C и при 50°C .

2. Исследование влияния гидрорыхления на кинетические параметры угля пласта m_3 .

Для оценки повреждаемости структуры угля были проведены эксперименты по определению параметра диффузии и энергии активации метана на угольных образцах пласта m_3 , отобранных в 17 западном конвейерном штреке шахты им. А.Ф. Засядько.

Пласт m_3 сложного строения. Природная газоносность 16-23 $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$ Мощность пласта от 1,8 до 2,3 метра.

Выемка угля производится с применением противовыбросных мероприятий. В том числе и гидрорыхление.

За указанный период отобрано три серии проб при проведении 17 западного конвейерного штрека по пласту m_3 .

Первая серия проб была отобрана из угольного массива до применения противовыбросных мероприятий на ПК 25+2,5, вторая серия на ПК 33+2,0 и ПК 33+4,0 за зоной гидрорыхления и третья серия на ПК 57+1,0 в зоне гидрорыхления. Пробы угля рассеивались на два класса 0,4-0,5 мм и 2,0-2,5 мм, после этого они высушивались по ГОСТ 11014-81 с контролем влажности по спектрам ЯМР, вакуумировались и насыщались метаном под давлением 10 МПа в течение 240 часов и производился расчет параметров по вышеприведенным формулам.

Запись спектров проводилась на установке ЯМР с напряженностью магнитного поля не меньше 4,6 кЭ и частотой от 17 до 20 МГц. При этом стабильность напряженного поля и частоты должны быть не меньше 10^{-5} , амплитуда модуляции 0,4 Э.

Параметры спектров ЯМР, были рассчитаны для трех зон отбора проб по методике [4]:

- До проведения мероприятий;
- В зоне гидрообработки;
- За зоной обработки.

Из анализа спектров ЯМР видно, что наименьшее отношение амплитуд узкой к широкой линии наблюдается для правой скважины в необработанной зоне (естественное содержание влаги).

После насыщения углей метаном снималась десорбционная кривая изменения содержания метана в угле во времени. По полученным данным были рассчитаны диффузионные параметры для образцов из трех зон отбора. Результаты расчетов представлены на рис.1, 2.

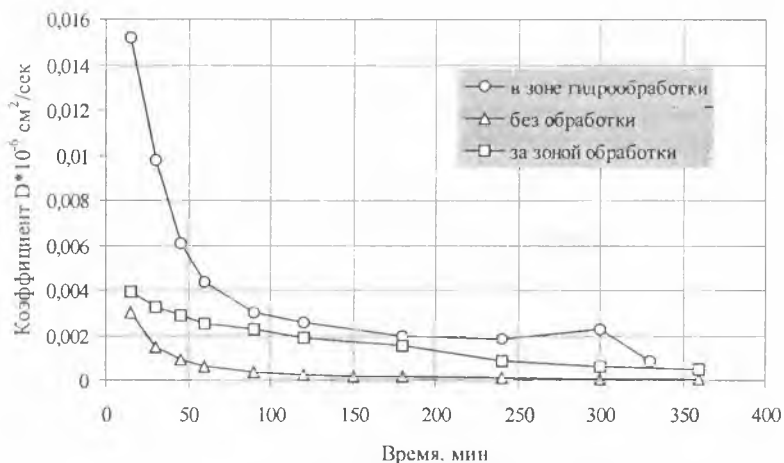


Рис. 1. Скорость изменения параметра D от времени дегазации при температуре 50°C .

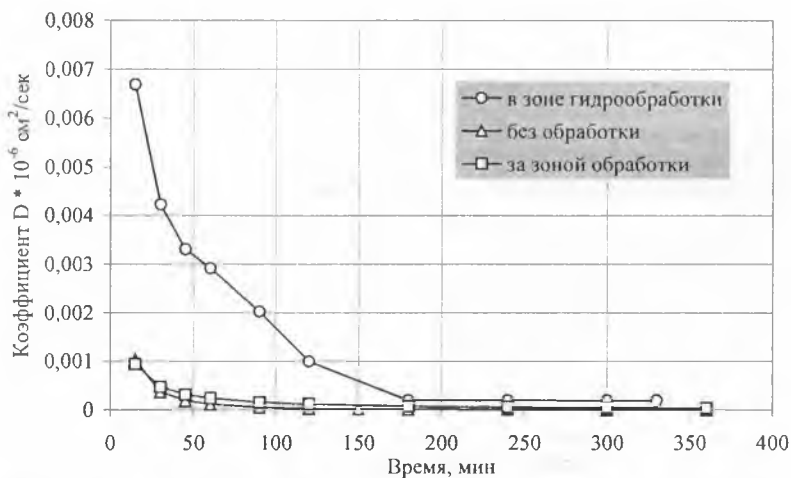


Рис. 2. Скорость изменения параметра D от времени дегазации при температуре 20°C .

По полученным значениям коэффициентов D для двух температур, было рассчитана энергия активации выхода метана из угля для всех трех зон отбора по формуле (2).

На рис.3 представлены временные зависимости энергии активации для выхода метана из углей отобранных в различных зонах.

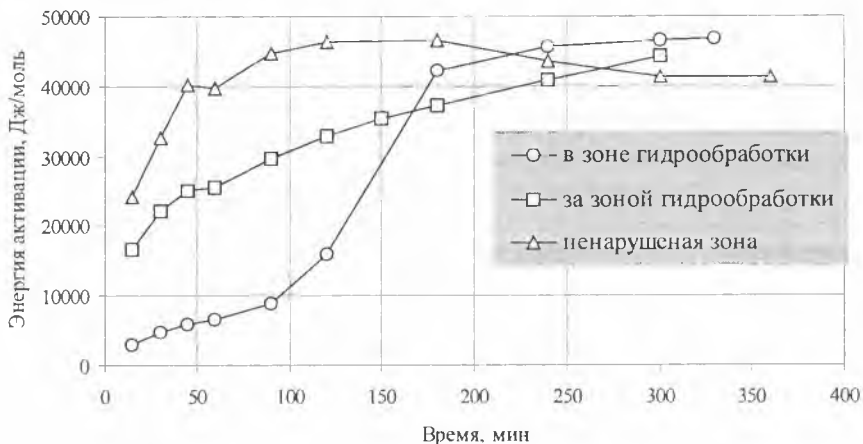


Рис. 3. Зависимость энергии активации от времени десорбции для углей отобранных из трех зон.

Анализ результатов показал, что у образцов угля подвергнутых гидрорыхлению коэффициент диффузии в интервале времени 10-50 мин в 10-50 раз больше, чем у необработанного гидрорыхлением. При этом энергия активации выхода метана в среднем в 2,5-3,5 раза выше у образцов после гидрорыхления. Таким образом, проведенные исследования дают возможность оценивать степень влияния любых технологических мероприятий на изменение газодинамических свойств угля.

3. Исследование влияния разгрузочных скважин на кинетические параметры угля пласта I_1 .

Оценка степени влияния разгрузочных скважин на кинетику газовой выделенной из угля производилась на образцах угля, отобранных в конвейерном ходе пласта I_1 . Механизм действия опережающих скважин можно объяснить следующим образом: скважины пробурены нормально к забою угольного пласта, пересекают область предельного состояния угля, уменьшая концентрацию напряжений, вызванных проведением горной выработки [5].

Если скважины пробурены в угольном пласте обеспечивают извлечение более 3% объема угля, то во всей призабойной зоне угольного пласта происходит снижение концентрации напряжений.

При этом возрастает пористость и газопроницаемость, что приводит к формированию новых условий десорбции метана из угля.

В результате область концентрации напряжений и «газовый барьер», являющиеся местами сосредоточения больших запасов энергии, реализуемой при внезапных выбросах, «отодвигаются» вглубь массива, образуя, между поверхностью забоя и новым положением области концентрации напряжений зону, в которой не должны происходить внезапные выбросы угля и газа.

Угольный пласт l_1 сложного строения, хрупкий с включением пирита. Природная газоносность 20-25 м³/т.с.б.м. геологическая мощность пласта 1,60-2,05 м.

Первая серия проб была отобрана на пласте l_1 без обработки длинными скважинами. Для исследования состояния угольного пласта были отобраны образцы угля из разных мест. Расположение точек отбора проб показано на рис. 4.

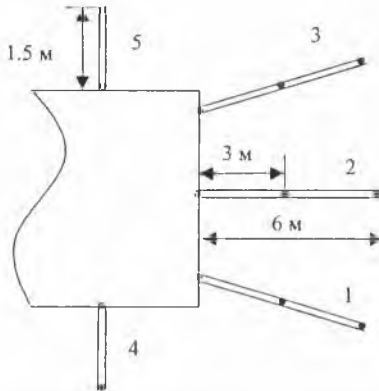


Рис. 4. Расположение мест отбора проб для первоначальной оценки содержания флюида в угле пласта l_1 , вен. ходок 14 лавы.

Для оценки содержания флюида в углях были записаны спектры ЯМР-¹H для всех образцов отобранных из скважин №1, 2, 3.

На рис. 5 представлена зависимость отношения узкой линии спектра ЯМР-¹H к широкой, в зависимости от глубины скважин.

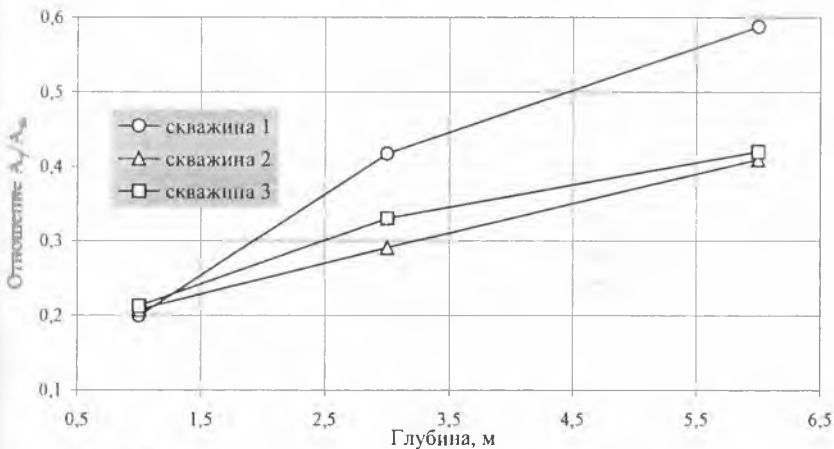


Рис. 5. Зависимость отношения узкой к широкой линии спектров ЯМР-¹H от глубины скважин.

Из анализа спектров ЯМР видно, что максимальное значение отношений амплитуд узкой к широкой линии наблюдается в точке отбора проб на глубине 6 метров. Величина отношения узкой к широкой в 2-3 раза больше чем у проб взятых с поверхности забоя. Наибольшее отношение амплитуд наблюдалось у образцов отобранных в скважине №1.

Для более детального исследования диффузионных параметров были отобраны образцы из скважины №1. Подготовка образцов проводилась по методике описанной выше.

По данным, полученным при десорбции метана, были рассчитаны параметры диффузии от времени для углей отобранных из одной скважины с 1, 3 и 6 метров в глубину. Данные по изменению параметра диффузии от времени представлены и на рис. 6.

Из анализа полученных результатов видно, что наибольшая повреждаемость угольного пласта достигается на поверхности забоя, и параметр диффузии в 6-10 раз больше, чем в глубине массива.

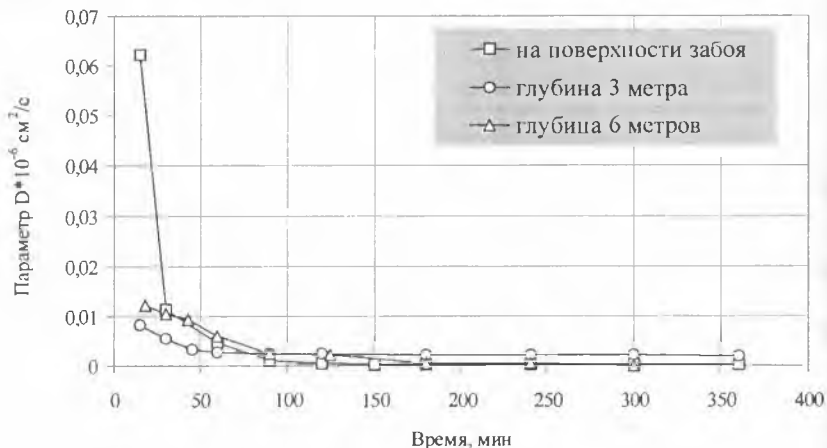


Рис. 6. Зависимость параметра диффузии от времени для метана в углях отобранных из глубины массива.

Для исследования влияния бурения длинных скважин на состояние угольного пласта были проведены отборы проб во время проведения выработки (вент. ходка пласта l₁ 14 лавы).

Пробы были отобраны в трех точках: ПК 4+6,0 м, ПК 9+6,0 м, ПК10+5,5 м.

Приготовление образцов проводилась по стандартной методике. были записаны спектры ЯМР-¹H каждого из образцов, перед насыщением метана. Десорбция метана контролировалась весовым способом и по спектрам ЯМР.

По данным полученным при десорбции метана из углей были рассчитаны изменения параметров диффузии за время выхода метана из образцов.

На рис. 7 представлены зависимости параметра диффузии от времени десорбции метана из угля для трех точек отбора и из необработанной части пласта. Из анализа результатов видно, что существует изменение в повреждаемости угольного массива. Параметр диффузии в 10-30 раз больше после обработки пласта длинными скважинами, чем из необработанного массива.

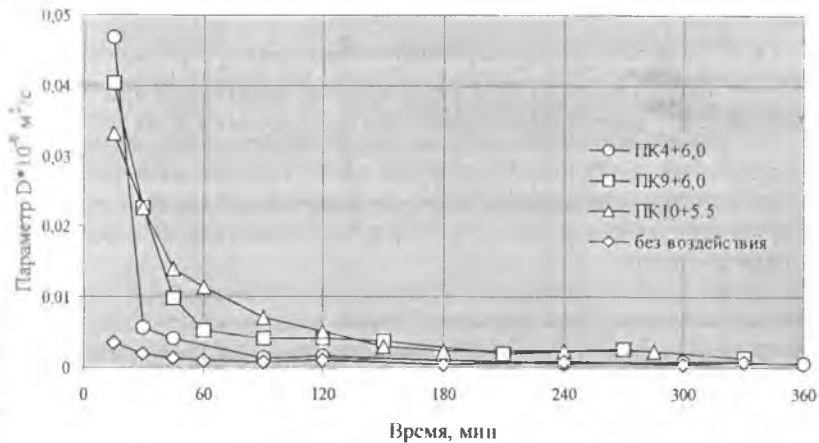


Рис. 7. Зависимость параметра D от времени десорбции для угля в разных точках отбора после бурения длинных скважин и без обработки.

На рис. 8. представлены зависимости параметра диффузии для метана в углях в зависимости от глубины контрольных скважин после бурения длинных скважин и из необработанного массива. Также рассчитанные энергии активации выхода метана из углей.

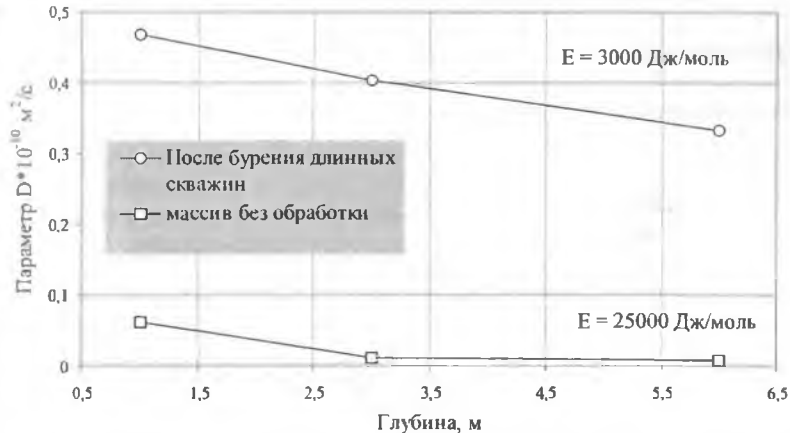


Рис. 8. Зависимость параметра D от глубины, для образцов угля после бурения длинных скважин и без обработки.

Из анализа полученных результатов видно, что при обработке пласта длинными скважинами параметр диффузии в 8-10 раз больше, чем в необработанном пласте. Энергия активации выхода метана из угля для пласта обработанного длинными скважинами в 7-9 раз меньше, чем из необработанного массива.

Выводы.

1. Разработана методика оценки повреждаемости угольного пласта используя расчет диффузионных параметров и энергии активации метана при десорбции из угольных образцов.

2. Анализ результатов показал, что у образцов угля подвергнутых гидрорыхлению коэффициент диффузии в интервале времени 10-50 мин в 10-50 раз больше, чем у необработанного гидрорыхлением. При этом энергия активации выхода метана в среднем в 2,5-3,5 раза выше у образцов после гидрорыхления.

3. Из анализа спектров ЯМР видно, что максимальное значение отношений амплитуд узкой к широкой линии наблюдается в точке отбора проб на глубине 6 метров. Величина отношения узкой к широкой в 2-3 раза больше чем у проб взятых с поверхности забоя.

4. Из анализа полученных результатов видно, что при обработке пласта длинными скважинами параметр диффузии в 8-10 раз больше, чем в необработанном пласте. Энергия активации выхода метана из угля для пласта обработанного длинными скважинами в 7-9 раз меньше, чем из необработанного массива.

5. Таким образом, проведенные исследования дают возможность оценивать степень влияния любых технологических мероприятий на изменение газодинамических свойств угля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДНАОП 1.1.30-5.06-89 – Москва, 1989, 191 с. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа.
2. Алексеев А.Д., Стариков Г.П., Филипов А.Э. Численное моделирование выхода метана из угля с учетом волны разгрузки и раскрытия пористости при изменении напряжения./ Проблеми гірського тиску. Випуск 9/ Під. заг. ред. Мінаєва О.А.- Донецьк, ДонНТУ, 2003. с. 120-152.
3. Стариков Г.П., Завражин В.В., Василенко Т.А., Смоленов И.Н., Меляков А.Д. Расчет диффузионных параметров системы уголь-газ //В сб. Геотехническая механика. Днепропетровск. Вып.34.-2002. с.
4. Алексеев А.Д., Завражин В.В., Меляков А.Д., Троицкий Г.А. Аппроксимация экспериментальных спектров ЯМР ^1H углей. // Физика и техника высоких давлений. Том 2, №1. 2002. с. 71-78.
5. Островский С.М., Петренко Е.В., Семашко Н.С. Борьба с внезапными выбросами угля и газа в шахтах. Недра, -1968, 147 с.