

Д-р техн. наук Д.М. Житленок
(ГП «Держжинскуголь»),
мл. научн. сотр. Я.В. Шажко,
канд. техн. наук. В.В.Завражин
(ИФГП НАН Украины),
инж. Ш.В. Мамлеев
(ОП «Шахтерская-Глубокая»
ГП «Шахтерскантрацит»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОНОСНОСТИ И ДАВЛЕНИЯ МЕТАНА В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

Проведена кількісна оцінка вмісту вільного і адсорбованого метану у відкритих порах і мікроблоках кам'яного вугілля насиченого метаном. Встановлено, що кількістю метану в транспортних каналах (порах) складає більше третини від загального вмісту у вугіллі. Обґрунтовано метод і засоби оцінки газоносності і тиску метану у вугіллі, заснований на особливостях газової емісії метану.

DETERMINATION OF GAS AND PRESSURE METHANE IN COAL SEAMS

The quantitative estimation of free and adsorbed methane in the open pores and microblocks coal saturated with methane. Found that the amount of methane in the transport channel (pore) is more than a third of the total content in the coal. Methods, and tools to evaluate gas content and pressure of methane in coal, based on the characteristics of methane gas.

Вопрос о залежах метана в угольных пластах, действующих и законсервированных, шахт до настоящего времени остается дискуссионным. Это, в первую очередь, связано с отсутствием методологии оценки количества метана с учетом его фазового состояния.

Существующие представления позволяют утверждать о наличии в угле трех фазовых состояний метана: свободный газ в порах и трещинах; в виде молекул, адсорбированных на поверхностях угля и в виде абсорбированных молекул в блоках угля с образованием твердого раствора метана в угле. При этом используются две основные модели описания системы «уголь-метан». Согласно одной из них [1], весь метан находится в свободном и адсорбированном состояниях, а насыщенность угля газом обеспечивается развитой сетью мелких открытых пор со значительной дисперсией их сечения. Недостатком модели являются трудности в объяснении продолжительности процесса десорбции метана из угля. Согласно указанным представлениям и теоретическим оценкам, коэффициент диффузии газа в самых мелких порах угля должен превышать значения $10^{-6} \div 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$, в то время как, согласно эксперименту, этот коэффициент значительно меньше – $10^{-14} \div 10^{-16} \text{ м}^2/\text{с}$ и характерен для диффузии в твердых телах.

Другая модель [2,3] является следствием развития представлений о блоковом строении угля. Экспериментальной основой для неё послужил сравнительный анализ кинетики выхода метана из угольных образцов, представляющих собой совокупность мельчайших образований – микроблоков, свободный объём

между которыми составляет объём открытых пор и трещин. Указанные поры сообщаются с внешней поверхностью угля и служат путями эвакуации газа после его диффузии из микроблоков. В рассматриваемой модели десорбции микроблоки представляют собой области угольного образца, не имеющие открытых пор и трещин. Размер этих областей предполагается малым по сравнению с размером гранулы угля. Блочная модель угля выгодно отличается от других моделей, так как в её рамках легко объяснить низкое значение коэффициента диффузии метана в углях, а высокую газоносность связать с наличием закрытых пор.

При этом предполагается, что в рамках блочной модели угля общая задача о распределении метана может быть сведена к более узкой, а именно, - определению количества метана в микроблоках угля, в свободном состоянии в открытых трещинах и порах, в адсорбированном состоянии на поверхностях угля.

При этом следует учитывать [4], что при наличии закрытых пор в микроблоках, содержащийся в них метан, находится как в свободном, так и в адсорбированном состоянии, а соотношение фаз будет таким же, как и в открытых порах.

Применения вышеуказанных моделей для разработки экспресс-методов диагностики параметров массопереноса метана в угле, в том числе давления и его количества, приводят к необходимости обосновать механизм процесса десорбции, т.е. интенсивности фильтрационных и диффузионных потоков из трещиновато-пористого объема угля. Поскольку продолжительность фильтрационного потока составляет десятки секунд, а потеря свободной фазы метана в угле может достигать до 30% его газоносности, в зависимости от его фракционного состава и объема закрытых и открытых пор, требующих постоянного контроля. Учет этих потерь возможен при использовании метода интегральной десорбметрии, основанного на фиксировании в шахтных условиях кинетики процесса истечения метана при балансе фильтрационного и диффузионного потоков из микропор известного фракционного состава угля в заданный объем накопительной емкости, и сравнения этих параметров с данными десорбционного паспорта пласта, в котором фиксируется интенсивность фильтрационного потока свободной фазы метана из трещин и пор и его содержание под пластовым давлением. Таким образом, анализ существующих представлений по кинетике газовыделения газа из порового объема угля в накопительные емкости свидетельствует, что до настоящего времени неустановленны закономерности между потоками десорбирующегося метана из угля и величинами исходного равновесного давления в пласте. Отсутствие этих зависимостей не позволило обосновать метод определения давления и количества метана в пластах и средства их измерения.

Для установления закономерностей степени изменения плотности потока газа из трещиновато-пористой структуры угля была обоснована физическая модель угольного вещества [5], включающая трещины соединенные с открытыми порами (фильтрационный объем) и закрытые поры. Вся трещиновато-пористая система заполнена газом, кроме этого часть метана растворена в блоках уголь-

ного вещества, ненарушенными открытыми порами. Десорбция газа из такой модели начинает происходить при нарушении термодинамического равновесия, связанного с разгрузкой от горного давления. При этом газ из фильтрационного объема за счет разности давления сорбционного равновесия и внешнего давления устремляется в окружающую среду. После десорбции части газа из фильтрационного объема и выравнивания пластового и внешнего (атмосферного) давления начинается процесс истечения газа из закрытых пор и блоков по механизму диффузии. Процессы фильтрации газа и взаимосвязанные между собой с процессами диффузии газа из блоков сферической формы радиусом R описываются уравнением Дарси. Решения уравнения такого класса дополненными соответствующими граничными условиями позволяет оценить плотность потока метана ($j(t)$) из фракций угля, десорбирующегося к моменту t через единицу площади обнаженной поверхности. В результате решение установлено (в размерности времени):

$$j(t) = \begin{cases} \frac{P_{nl}}{P_a} \sqrt{\frac{\gamma_o D_f}{\pi t}}, & \text{если } t \ll \frac{R^2}{D_f} & (1) \\ \frac{P_{nl}}{P_a} \sqrt{\frac{\gamma_e D_e}{\pi t}}, & \text{если } t \ll \frac{R^2}{D_e} & (2) \end{cases}$$

где P_{nl} , P_a – давление газа в угле и окружающей среде соответственно; D_f – коэффициент фильтрации; D_e – коэффициент эффективной диффузии; γ_o – γ_e – эффективная пористость с учетом объема закрытых пор γ и растворимости газа в объеме открытых пор ν ; $\left(\gamma_e = \gamma_o + \nu(1 - \gamma_o) \left(1 - \gamma + \frac{\gamma}{\nu} \right) \right)$.

Из анализа формулы (1) и (2) следует, что первоначально десорбируется газ, находящийся в трещинах и открытых порах по механизму фильтрации, а только потом на значительно больших временах происходит диффузия основного объема газа, аккумулированного в закрытых порах и растворенного в блоках. При стандартных оценках размера блоков $R \sim 10^{-6}$ м и коэффициенте фильтрации $2 \cdot 10^{-7}$ м²/с, фильтрационное время $t_f = \frac{10^{-10}}{10^{-7}} \sim 10^{-3}$ с, при значении $D_e = 10^{-14}$ м²/с диффузионное время $t_d = \frac{10^{-10}}{10^{-14}} \sim 10^4$ с ≈ 166 мин.

В целом проведенная оценка процесса десорбции газа из угля позволила впервые установить, что кинетика фильтрационных и диффузионных потоков десорбирующегося газа из порового объекта прямопропорциональна давлению газа объему открытых и закрытых пор и величине коэффициента фильтрации и диффузии и обратно пропорциональна времени процесса десорбции. Полученная закономерность дала возможность обосновать минимальное время, необходимое для накопления газа в замкнутом объеме при определении давления и количества метана в угольном пласте с использованием интегральной десорбо-

метрии.

Для исследований процесса десорбции газа из угольных фракций в сосуд известного объема использовали образцы, приготовленные из одного куска угля. После его дробления и отсева на ситах отбирали гранулы размером 1,0-1,5 мм и формировали навески массой 20 г. Далее образцы угля высушивали, помещали в контейнеры высокого давления и насыщали сжатым метаном при давлении до 10 МПа в течение 14 сут. Перед регистрацией десорбции производили сброс сжатого газа из свободного объема контейнера в сосуд большой емкости. После этой операции, занимающей не более 5 с, выход метана продолжался, однако скорость его выделения становилась на несколько порядков меньше. Непосредственно после замедления эмиссии метана его поток направляли в другой вакуумированный накопительный сосуд известного объема, после чего производили регистрацию хода десорбции на ее начальном участке – в течение первых 120 мин.

Предлагаемая методика позволяет измерять количество свободного метана ($Q_{св}$) в трещинах и открытых порах угля, количество адсорбированного метана в них ($Q_{адс}$) и количество метана в микроблоках угля ($Q_{мб}$). Определяют газоносность образцов угля для каждого равновесного давления как сумму всего десорбированного метана: $\Sigma Q_e = Q_{св} + Q_{адс} + Q_{мб}$. Для условий пласта l_1 – гор. 1305 м шахты им. А.Ф. Засядько при естественной влажности $W \approx 1,0\%$ $\Sigma Q_e = 1,8 + 4,8 + 11,4 = 18$ м³/т, фактическая газоносность пласта l_1 составляет 21-25 м³/т.с.б.м.

В целом представленный методический прием показывает, что весь процесс десорбции можно условно разделить на две фазы: первая – это фаза интенсивного выделения газа, которая предшествует установлению баланса потоков диффузии и фильтрации, и вторая – завершающая фаза, когда источником выделяемого углем газа есть только его диффузия из закрытых пор в открытые поры. В ходе первой фазы давление метана в открытых порах угля быстро уменьшается и достигает некоторого минимального значения, при котором фильтрационный поток газа в открытых порах становится равным потоку газа, выделяемого путем диффузии из микроблоков угля. Как показывают расчеты, в случае мелких гранул угля первая фаза настолько скоротечна, что из-за трудностей технического характера даже в лабораторных опытах ею часто приходится пренебрегать. Таким образом, десорбция газа, наблюдаемая в опытах с мелкими гранулами угля (размером 0,5-1,0 мм и меньше), практически, постоянно проходит в условиях баланса диффузионного и фильтрационного потоков газа. Поэтому для обоснования метода определения давления и количества метана в угле необходимо установить: какое количество метана остается в порах после завершения первой фазы выхода метана, то есть к моменту регистрации десорбции.

Для этого изучали кинетику стационарного потока газа проходящего через уголь от градиента давления газа. Этот же прием используется далее для определения давления метана в транспортных каналах при его десорбции из угля. В качестве газа в наших опытах использовался воздух и метан. Образец угля шах-

ты им. А.Ф. Засядько свободного от влаги имел форму цилиндра диаметром 13 мм и высотой $l_{цил}=12$ мм. Регистрация количества и скорости выделения газа производилась по изменению давления в накопительном сосуде, объём которого составлял $V_{НС}^{стат} = 340\text{см}^3$ и выбирался из условия минимального влияния накапливаемого в нем газа на результат опыта. Избыточное относительно вакуума давление газа определялось с помощью ртутно-масляных манометров.

В таблице 1 представлены результаты исследований квазистационарного движения молекул метана через образец угля шахты им. А.Ф. Засядько пласта l_1 .

Таблица 1 – Данные эксперимента по изучению влияния перепада давления метана по образцу угля на скорость изменения давления газа в накопительном сосуде

P_1	P_2	$\Delta(P^2)$	$\Delta P_{НС}$	Δt	$(\overline{\Delta P}/\Delta t)$
125	15	15973	59	5400	0.011
161	45	28125	93	3900	0.024
245	30	60937	70	1700	0.041
325	0	105469	114	1500	0.076
453	0	205460	162	1170	0.139
577	0	333594	199	870	0.229

Использованы обозначения: Δt – продолжительность опыта в секундах; P_1 и P_2 – давление газа на входе и выходе образца в мм. ртутного столба; $\Delta(P^2)$ – разность квадратов этих давлений; $\Delta P_{НС}$ – изменение давления газа в накопительном сосуде за время опыта в мм. масляного столба; $(\overline{\Delta P}/\Delta t)$ – скорость изменения этого давления – (мм. масл. ст. /сек).

Эти данные дополнены результатами изучения переноса молекул воздуха и представлены также графически на рисунке 1.

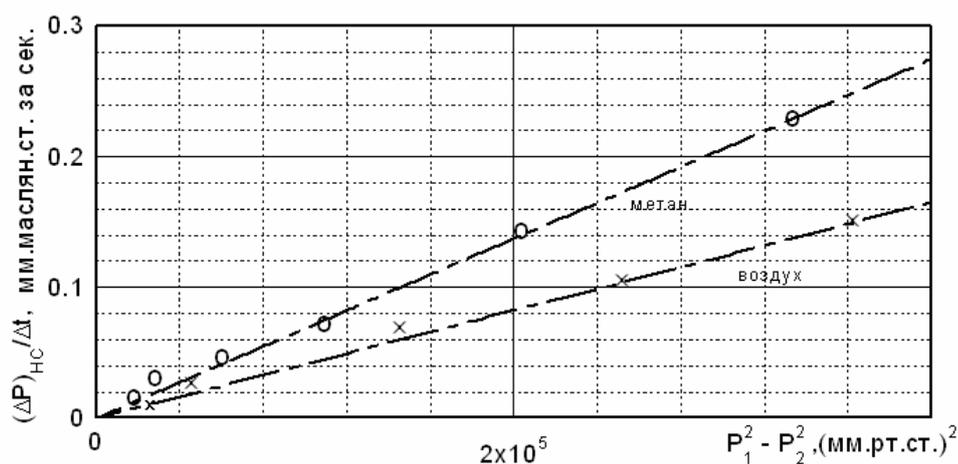


Рис. 1 – Зависимость скорости изменения давления газа в накопительном сосуде от разности квадратов давлений на торцах образца угля

Линейный характер зависимости $(\overline{\Delta P}_{НС}/\Delta t)$ от $\Delta(P^2)$ показывает, что даже в области низких давлений (ниже атмосферного) можно говорить о вязком течении

газов в каменном угле и, соответственно, о правомочности использования закона Дарси для его описания.

Сравним, далее, поток метана в приведенном выше опыте с потоком газа при его десорбции из навески угля. Масса навески составляла 20 грамм, размер гранул угля $R_{cp} = 2,0 \div 2,5$ мм, предварительное насыщение производилось метаном, сжатым до давления 30 атм. Регистрация хода десорбции начиналась через 5 с. В ходе эксперимента регистрировалось изменение давления газа в накопительном сосуде по мере его выхода из угля. На рис. 2 показана кинетика десорбции метана из угля в предварительно вакуумированный сосуд объемом $V_{HC}^{dec} = 1217$ см³.

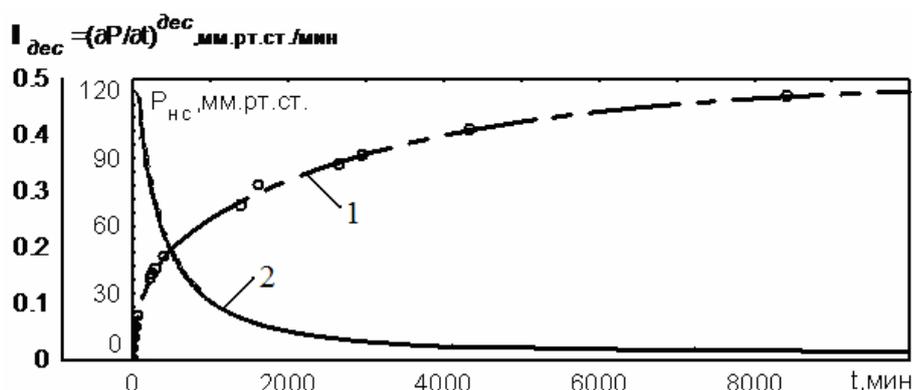


Рис. 2 – Кинетика изменения скорости (1) и давления метана (2) в накопительном сосуде

Имея данные по стационарному течению газа, можно рассчитать величину $\Delta(P^2)^{dec}$, градиент которой по длине открытых пор в гранулах угля определяет наблюдаемый в ходе десорбции поток газа:

$$\Delta(P^2)^{dec} = \left[\frac{\Delta(P^2)}{\partial P_{HC} / \partial t} \right]^{стат} \cdot \frac{V_{HC}^{dec}}{V_{HC}^{стат}} \cdot \frac{R_{cp}^2 \cdot S_{цил}}{3 \cdot V_{угля} \cdot l_{цил}} \cdot \left[\frac{\partial P_{HC}}{\partial t} \right]^{dec} \quad (3)$$

В формуле (3) значения параметров в первой квадратной скобке соответствуют стационарному потоку газа, а во второй – потоку при десорбции. Подставляя в формулу 3 численные значения, можно найти, что в начальный момент регистрации десорбции метана величина $\Delta(P^2)^{dec} = (P_1^2 - P_2^2)^{dec}$ составляет $4,1 \cdot 10^6$ (Па)². Когда газ из угля выделяется в предварительно вакуумированный сосуд, допустимо считать, что в начальный момент десорбции $P_2 \approx 0$. Отсюда следует, что при десорбции метана из гранул размером $2,0 \div 2,5$ мм перепад давления метана в открытых порах не превышает $\sqrt{4,1 \cdot 10^6} \approx 2 \cdot 10^3$ Па (или 15 мм.рт.ст.). Аналогичные исследования десорбции, проведенные на угле в гранулах $0,2 \div 0,25$ мм и $9,0 \div 10$ мм, показывают, что давление метана в порах составляет 2,5 и 28 мм.рт.ст., соответственно.

Полученные оценки показывают величину давления метана в порах в начальный момент регистрации десорбции. Как видно из рис. 2 (кривая 1), по ме-

ре выхода метана из микроблоков поток десорбции и фильтрации снижается. Поэтому перепад давления в порах будет уменьшаться.

Время фильтрационного процесса τ_f , в течение которого давление газа в порах снижается от максимального (после насыщения угля) до минимального (при десорбции) оценивалось по формуле Л.С. Лейбензона [6]:

$$\tau_f = 4 \cdot R_{sp}^2 \cdot \eta \cdot \gamma / \kappa \cdot \pi^2 \cdot P_1, \quad (4)$$

где η – вязкость метана ($\eta = 1,08 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$); κ – проницаемость угля, l_1 шахты им. А.Ф. Засядько ($\kappa = 0,21 \text{ мД}$).

Было установлено, что величина τ_f различна для различного размера гранул угля и составляет, в частности, 0,048, 0,8 и 7,6 с для гранул диаметром 0,2, 2,0 и 9,5 мм соответственно. Отметим, что полученные оценки величин τ_f справедливы для конкретного угля, который был насыщен метаном под определенным давлением. При ином насыщении баланс потоков диффузии и фильтрации будет характеризоваться другими значениями P_1 и τ_f .

Таким образом, впервые экспериментально подтверждено, что выход газа, содержащегося в открытых порах угля ($Q_{св} + Q_{адс}$), происходит в первые доли секунды после расконсервации равновесной системы уголь-метан. При этом степень снижения газоносности угольного пласта (ΣQ_2) может составлять более 30%. Для учета этих потерь и сокращения времени анализа углеметановой пробы достаточно измерять диффузионную составляющую потока десорбирующегося метана в шахтных условиях и соотнести с данными десорбционного паспорта угольного пласта. Десорбционный паспорт (ДП) угольного пласта – это экспериментально установленная информация (в цифровом или графическом виде) о корреляции между интенсивностью эмиссии метана из угля, пластовым давлением метана и его содержанием в угле. Для его составления необходимо выполнить лабораторные измерения кинетики десорбции метана и определить его содержание в угле. Измерения проводятся после предварительного насыщения угля в контейнерах при различных равновесных давлениях $P_{нас}$ метана. Используются образцы угля равной массы в гранулах 0.2÷0.25 мм или 1.0÷1.5 мм (в зависимости от марки угля) естественной влажности.

Десорбционный паспорт состоит из двух фрагментов. Первый – устанавливает зависимость интенсивности десорбции метана от величины равновесного давления газа при насыщении угля. Десорбция производится в герметичный накопительный сосуд с воздухом, в котором на отрезке времени Δt регистрируется изменение давления – ΔP^{dec} . В графическом виде сведения об изменении величины ΔP^{dec} при десорбции для нескольких значений давления $P_{нас}$ представляют семейство кривых $\Delta P^{dec}(t) = f(P_{нас})$.

На базе полученной информации устанавливают зависимость ΔP^{dec} от $P_{нас}$ в любом интервале времени. На рис 3 точками показан прирост давления – ΔP^{dec} в накопительном сосуде за 15 минут десорбции (интервал времени десорбции 20-35 мин) в зависимости от насыщения.

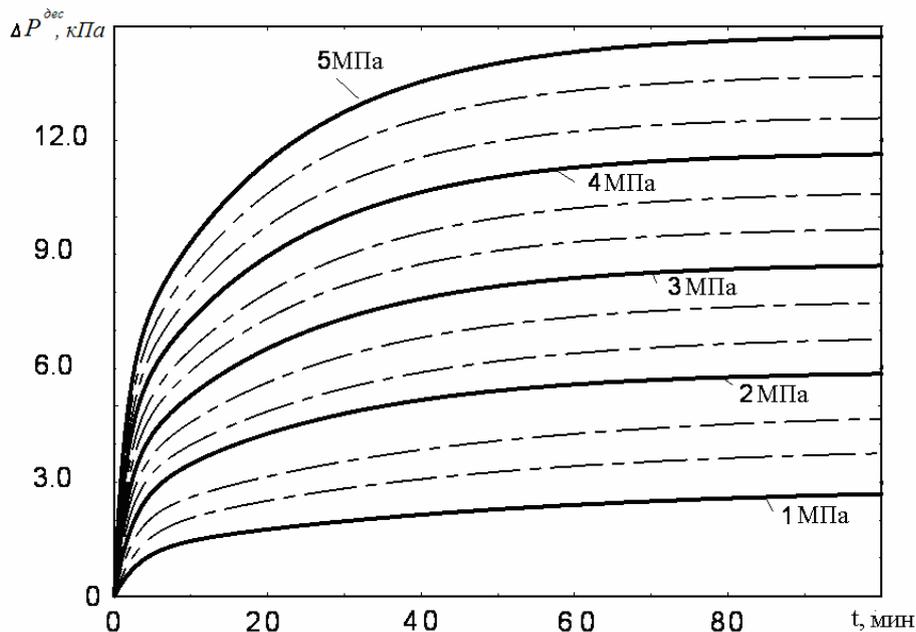


Рис. 3. Изменение давления в накопительном сосуде, с учетом фильтрационной и диффузионной составляющей процесса десорбции метана из угля после его насыщения

Второй фрагмент десорбционного паспорта устанавливает зависимость количества метана в угле от величины его давления насыщения $Q=f(P_{нас})$. Создание второго фрагмента паспорта в лабораторных условиях включает следующие операции: а) насыщение метаном при различных давлениях (от 0,5 до 10 МПа) нескольких проб угольного штыба естественной влажности; б) определение количества метана в этих пробах угля в виде зависимости $Q=f(P_{нас})$.

Для получения полной информации о давлении и количестве метана в угольном пласте, в режиме реального времени, необходимо в шахтных условиях зафиксировать в измерительной емкости давление метана от диффузионной составляющей потока из угольной фракции.

После этого с использованием зависимости $\Delta P^{dec}(t)=f(P_{нас})$ и $Q=f(P_{нас})$ установить давление метана в месте отбора угольной пробы ($P_{нас}$) и газоносность пласта (Q).

При определении давления и количества метана в угле оптимальный размер фракции, установленный по результатам исследования гранулометрического состава бурового штыба, формирующегося при бурении скважин диаметром 42 мм, и кинетики выхода метана должен составлять для пластов пологого падения 0,25-0,315 мм, а для крутопадающих пластов 0,4-0,5 мм.

Все исследования кинетики десорбции метана представленные выше, позволили обосновать технические требования к прибору, в частности: объем десорбционной емкости (кюветы), чувствительность датчика и предельные значения давления, времен задержки измерения, объем угольной пробы.

На основании установленных закономерностей по кинетике фильтрационных и диффузионных потоков метана и угольных фракций разработан опытный

образец измерителя [6] для реализации экспресс-метод определения давления и количества метана в угольных пластах.

Определения газоносности и давления метана в пласте десорбиметром ДС-03 были проведены на выбросоопасном пласте h_6' - «Смоляниновский» гор. – 1315 м. в нижней нише 2й западной лавы УПЦП ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК» и в нише 1й западной лавы угрожаемого пласта l_8' «Шахты Щегловская-Глубокая». Подвигание за время наблюдений составило 260 м.

Установлено, что для условий «Шахты им. А.А. Скочинского», содержание метана в призабойной части угольного пласта на глубине до 2,1 м составляет в среднем $Q=4,2$ м³/т, а на глубине 4м – $Q=7,5$ м³/т, при это давления метана на тех же глубинах находится в пределе от 0,1-0,7 МПа и 0,45-2,02 МПа, соответственно.

Для условий «Шахта Щегловская-Глубокая» газоносность и давление метана в призабойной части угольного пласта на глубине до 2,1м находятся в пределе $Q=2-4,5$ м³/т, $P=0,5-3,0$ МПа, а на глубине 4м – $Q=5-8,4$ м³/т, $P=2,5-9,9$ МПа.

Вывод

1. Установлен механизм десорбции метана из угля, учитывающий особенности трещиновато-пористой структуры угля и фазового состояния метана в нем.
2. Обоснованы технические параметры, разработан и испытан шахтный измеритель газоносности и давления метана в угольном массиве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Желтов Ю.П., Золотарев П.П. О фильтрации газа в трещиноватых породах // ПМТФ – 1962, №5.
2. Коган Н.Д., Яновская М.Ф. О модели пористой структуры ископаемых углей // ХТТ - 1968, №5, с. 26-32.
3. Беренблат Г.И., Желтов Ю.П., Кочина И.Н. Об основн'ых представлениях теории фильтрации однородных жидкостей в трещиноватых породах // ИПММ. – 1960. – т. XXIV. – №5.
4. Малышев Ю.Н., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментально прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов. М: - Академия горных наук. – 2000. -519с.
5. Алексеев А.Д. Физика угля и горных процессов // К. – Наукова думка. – 2010., 422с.
6. А.с. № 96884 UA, МПК (2011.01) E21F5/00 Пристрій для виміру тиску й газоемкості вугільного пласта / А.Д. Алексеев, В.О. Васильковський, Г.П. Старіков, Я.В. Шажко та інші – Власник Інститута фізики гірничих процесів НАН України. – Заявл. 06.12.2010. – Опубл. 12.12.2011. – Бюл. №23

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА
УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ В НИЖНЕЙ ЧАСТИ ПОТОЛКОУСТУПНЫХ ЛАВ
ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ**

Наведено розрахункові формули вибору параметрів способу гідродинамічного дії на вугільні пласти для запобігання газодинамічних явищ у нижній частині стелеуступних лав з урахуванням можливої зміни фізико-механічних властивостей вугільних пластів та технологію проведення гідродинамічної дії. Визначено показники ефективності застосованого способу: за розрахунковою необхідною кількістю вилученого із свердловини вугілля, коефіцієнту дегазації вугільного масиву та початковій швидкості газовиділення із шпурів.

**TECHNOLOGY RULES FOR USE OF HYDRODYNAMIC INFLUENCE
ON COAL SEAMS IN THE BOTTOM OVERHEAD WALLS
TO PREVENT GASDYNAMIC PHENOMENA**

The formulas the choice of parameters method of hydrodynamic influence on the coal beds to reduce gasdynamic phenomena in the lower part of overhead walls taking into account possible changes in physico-mechanical properties coal beds and the technology of hydrodynamic influence and identify performance the effectiveness of ways: on the calculated needed amount of coal removed from the wells, the coefficient of degassing of the coal massif and initial speed of the gasing holes.

ВВЕДЕНИЕ

«Технологический регламент...» разработан в соответствии с «Правилами ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям» [1], «Методикой проведения приемочных (промышленных) испытаний способа дегазации и снижения газодинамической активности угольных пластов в нижней части потолкоуступной лавы гидродинамическим воздействием», одобренной Центральной комиссией по вопросам вентиляции, дегазации и борьбы с газодинамическими явлениями в шахтах угольной промышленности Украины (протокол №51 от 23.06.2011 г.), утверждены ГП «Дзержинскуголь» и «Артемуголь» и предназначен для работников шахт, производственных объединений, научно – исследовательских и проектно конструкторских институтов, органов Госгорпромнадзора Украины.