

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горный факультет  
Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**кафедры разработки месторождений полезных ископаемых**

**№2 (2016)**

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**по материалам республиканской научно-практической  
конференции молодых ученых, аспирантов и студентов**

**г. Донецк, 25-26 мая 2016 г.**

Донецк  
2016

УДК 622.001.76 (082)

И 66

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. труд. Вып. 2. / редкол.: Н. Н. Касьян [и др.]. – Донецк, 2016. – 313 с.

В сборнике представлены материалы научных разработок студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на Республиканской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 90-летию кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых». Материалы сборника предназначены для научных работников, инженерно-технических работников угольной промышленности, аспирантов и студентов горных специальностей.

Конференция проведена на базе Донецкого национального технического университета (г. Донецк) 25-26 мая 2016 г. Организатор конференции – кафедра разработки месторождений полезных ископаемых горного факультета ДонНТУ.

Редакционная коллегия:

Касьян Н.Н., д. т. н., проф., зав. кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Петренко Ю.А., д. т. н., проф., профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Новиков А.О., д. т. н., проф., профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Стрельников В. И., к. т. н., проф., профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Соловьёв Г.И., к. т. н., доц., доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Касьяненко А.Л., ассистент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых».

Компьютерная верстка: Моисеенко Л. Н., ведущий инженер кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых».

Контактный адрес:

Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонНТУ, 9-й учебный корпус, каф. «Разработка месторождений полезных ископаемых» к. 9.505., тел. (062) 301-09-29, 300-01-46, E-mail: [rpm@mine.dgtu.donetsk.ua](mailto:rpm@mine.dgtu.donetsk.ua)

УДК 622.831:537.86

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАНОНОСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Голод Е.М., студент (ГОУ ВПО «ДонНТУ», г. Донецк)\*

*Проведена количественная оценка содержания свободного и адсорбированного метана в открытых порах и микроблоках каменного угля насыщенного метаном. Установлено, что количество метана в транспортных каналах (порах) составляет более трети от общего содержания в угле. Обоснован метод и средства оценки газоносности и давления метана в угле, основанный на особенностях газовой эмиссии метана.*

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

---

\* Научный руководитель – к.т.н. Шестопапов И.Н.

этих областей предполагается малым по сравнению с размером гранулы угля. Блоковая 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 не установлены 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 угольного вещества, ненарушенными открытыми порами. Десорбция газа из такой модели начинается 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;  $\gamma_o$  –  $\gamma_e$  – эффективная пористость с учетом объема закрытых пор  $\gamma$  и растворимости газа в объеме открытых пор  $v$ ;

$$\left( \gamma_e = \gamma_o + v(1 - \gamma_o) \left( 1 - \gamma + \frac{\gamma}{v} \right) \right).$$

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  $2 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с, фильтрационное время

$$t_f = \frac{10^{-10}}{10^{-7}} \sim 10^{-3} \text{ с, при значении } D_e = 10^{-14} \text{ м}^2/\text{с} \text{ диффузионное время}$$

$$t_d = \frac{10^{-10}}{10^{-14}} \sim 10^4 \text{ с} \approx 166 \text{ мин.}$$

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 замкнутой объем при определении давления и количества метана в угольном пласте с использованием интегральной десорбметрии.

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  $W \approx 1,0\%$   $\Sigma Q_e = 1,8 + 4,8 + 11,4 = 18$  м<sup>3</sup>/т, фактическая газоносность пласта  $l_1$  составляет 21-25 м<sup>3</sup>/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 шахты 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

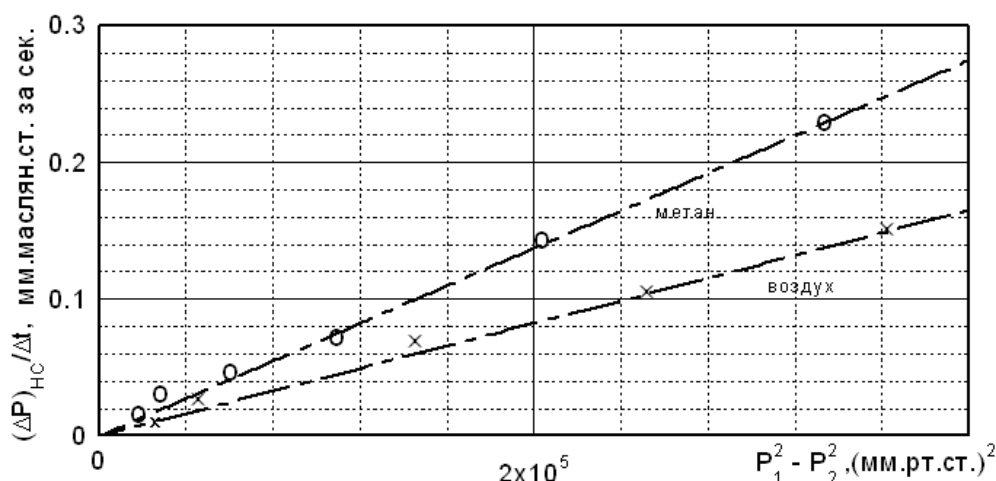
*Данные эксперимента по изучению влияния перепада давления метана по образцу угля на скорость изменения давления газа в накопительном сосуде*

$P_1$	$P_2$	$\Delta(P^2)$	$\Delta P_{НС}$	$\Delta t$	$(\overline{\Delta P}/\Delta t)$
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:  $\Delta t$  – 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;  $\Delta P_{HC}$  – 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  $(\overline{\Delta P}_{HC}/\Delta t)$  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  $R_{gp} = 2,0 \div 2,5$  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  $V_{HC}^{dec} = 1217$  см<sup>3</sup>.

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:

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



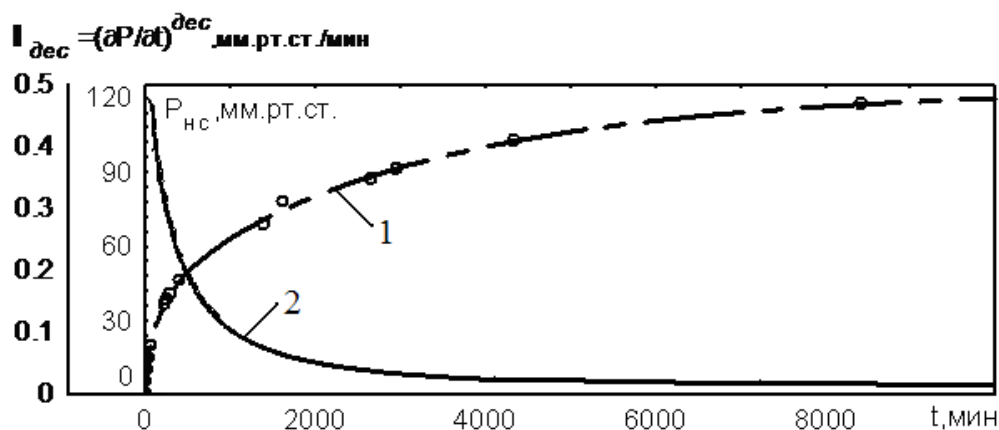


Рис. 2. Кинетика изменения скорости (1) и давления метана (2) в накопительном сосуде

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)<sup>2</sup>. 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 мере выхода метана из микроблоков поток десорбции и фильтрации снижается. Поэтому перепад давления в порах будет уменьшаться.

Время фильтрационного процесса  $\tau_f$ , 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  $\eta$  – вязкость метана ( $\eta = 1,08 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>);  $\kappa$  – проницаемость угля,  $l_1$  шахты им. А.Ф. Засядько ( $\kappa = 0,21$  мД).

Было установлено, что величина  $\tau_f$  различна для различного размера гранул угля и составляет, в частности, 0,048, 0,8 и 7,6 с для гранул диаметром

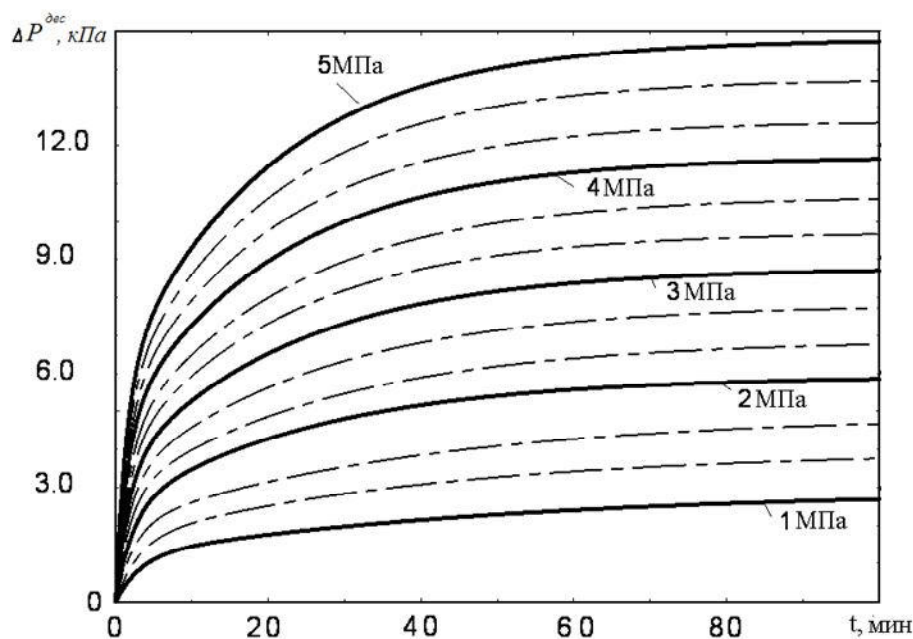
0,2, 2,0 и 9,5 мм соответственно. Отметим, что полученные оценки величин  $\tau_f$  справедливы для конкретного угля, который был насыщен метаном под определенным давлением. При ином насыщении баланс потоков диффузии и фильтрации будет характеризоваться другими значениями  $P_1$  и  $\tau_f$ .

Таким образом, впервые экспериментально подтверждено, что выход газа, содержащегося в открытых порах угля ( $Q_{cv} + Q_{adc}$ ), происходит в первые доли секунды после расконсервации равновесной системы уголь-метан. При этом степень снижения газоносности угольного пласта ( $\Sigma Q_2$ ) 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  $\Delta t$  регистрируется изменение давления –  $\Delta P^{dec}$ . В графическом виде сведения об изменении величины  $\Delta P^{dec}$  при десорбции для нескольких значений давления  $P_{нас}$  представляют семейство кривых  $\Delta P^{dec}(t) = f(P_{нас})$ .

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



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

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 десорбтометром 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 260м.

Установлено, что для условий «Шахты им. А.А. Скочинского», содержание метана в призабойной части угольного пласта на глубине до 2,1м составляет в среднем  $Q=4,2\text{м}^3/\text{т}$ , а на глубине 4м –  $Q=7,5\text{м}^3/\text{т}$ , при этом давления метана на тех же глубинах находится в пределах от 0,1-0,7МПа и 0,45-2,02МПа, соответственно.

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

#### 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.

#### Библиографический список

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 основных 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 газоємності 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

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Азарков А.В. (научный руководитель Соловьев Г.И.)</i> Способ продольно-балочного усиления арочной крепи конвейерного штрека на шахте им. М.И. Калинина.....	5
<i>Бабак Б.Н. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Об основных требованиях к технологии ведения горных работ на пластах угля, склонных к самовозгоранию.....	9
<i>Быков В.С., Капуста В.И. (научный руководитель Фомичев В.И.)</i> Методика проведения эксперимента по разработке и внедрению технологической схемы безлюдной выемки угля.....	12
<i>Васильев Г.М. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Опыт внедрения анкерной крепи на шахте «Добропольская» шахтоуправления «Добропольское» ООО ДТЭК «Добропольеуголь».....	16
<i>Вячалов А.В., Белоусов В.А. (научн. рук. Выговский Д.Д., Выговская Д.Д.)</i> Основные требования к информации проектирования угольных шахт....	20
<i>Гаврилов Д.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> Исследование механизма деформирования породного массива, армированного пространственными анкерными системами.....	24
<i>Гаврилов Д.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> Исследования деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением.....	27
<i>Гаврилов Д.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> Об особенностях деформирования подготовительных выработок на шахте «Степная» ПАО «ДТЭК «Павлоградуголь».....	29
<i>Гармаш А.В.</i> Проблемы вентиляции глубоких горизонтов шахт восточного Донбасса на примере филиала «Шахта «Комсомольская» ГУП «Антрацит».....	35
<i>Геков А.Ю., Краснов Д.С. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> Об оптимальной величине податливости крепи магистрального штрека.....	43
<i>Геков А.Ю., Краснов Д.С. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> О подготовке выемочных участков при погоризонтной подготовке выбросоопасных пластов.....	48

<i>Гнидаш М.Е. (научный руководитель Соловьев Г.И.)</i>	
Применение продольно-балочной крепи усиления в условиях шахты им. А.А.Скочинского .....	55
<i>Голод Е.М. (научный руководитель Шестопалов И.Н.)</i>	
Методика определения метаноносности угольных пластов .....	60
<i>Голод Е.М. (научный руководитель Шестопалов И.Н.)</i>	
О деформировании породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением .....	70
<i>Гонтаренко О.И. (научный руководитель Подтыкалов А.С.)</i>	
Совершенствование технологии ведения монтажно-демонтажных работ в очистных забоях пласта $l_3$ шахты "Ждановская" .....	76
<i>Добронос В.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i>	
Исследование влияния угла залегания пород и глубины анкерования на устойчивость выработок с анкерным креплением .....	86
<i>Добронос В.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i>	
Исследование особенностей деформирования пород на контуре подготовительных выработок, закрепленных анкерной крепью .....	89
<i>Добронос В.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i>	
О деформировании кровли в монтажных печах с анкерным креплением .....	91
<i>Должиков П.Н., Рыжикова О.А., Пронский Д.В., Шмырко Е.О.</i>	
Исследования консолидации грунтов нарушенного сложения вязкопластичным раствором .....	95
<i>Дрох В.В., Марюшенков А.В., (научн. рук. Ворхлик И.Г., Выговская Д.Д.)</i>	
Мероприятия по уменьшению величин смещения пород в подготовительных выработках .....	101
<i>Зеленюк В.О. (научный руководитель Новиков А.О.)</i>	
Анализ существующих решений, направленных на повышение устойчивости крепи в подготовительных выработках .....	108
<i>Зеленюк В.О. (научный руководитель Новиков А.О.)</i>	
Опыт поддержания подготовительных выработок рамными конструкциями крепи и перспективы их развития .....	113
<i>Зеленюк В.О. (научный руководитель Новиков А.О.)</i>	
О своевременности применения способов охраны горных выработок .....	121
<i>Золотухин Д.Е. (научный руководитель Фомичев В.И.)</i>	
Перспективы разработки подземной газификации угля .....	127

- Зябрев Ю.Г. (научный руководитель Касьян Н.Н.)*  
Влияние формы выработки на интенсивность пучения пород почвы ..... 133
- Иванюгин А.А. (научный руководитель Касьяненко)*  
Использование шахтного метана на горнодобывающих предприятиях донецкого бассейна в качестве топливно-энергетического ресурса ..... 138
- Иващенко Д.С. (научный руководитель Шестопалов И.Н.)*  
О динамике развития зоны разрушенных пород вокруг горных выработок ..... 144
- Иващенко Д.С. (научн. рук. Соловьев Г.И., Голембиевский П.П.)*  
Особенности охраны подготовительных выработок глубоких шахт породными полосами ..... 150
- Квич А.В. (научный руководитель Касьян Н.Н.)*  
Обоснование параметров нового способа закрепления анкера ..... 156
- Козлитин А.А., Лебедева В.В., Непочатых И.Н.*  
Цементно-минеральная смесь для возведения несущих околоштрековых полос гидромеханическим способом ..... 160
- Кудрянов С.И. (научный руководитель Касьян Н.Н.)*  
Перспективы использования охранных сооружений выемочных выработок, возводимых из рядовой породы ..... 168
- Мошин Д.Н., Гончар М.Ю. (научн. рук. Выговская Д.Д., Выговский Д.Д.)*  
Подходы и методы по выбору рациональной технологии ведения очистных работ ..... 171
- Муляр Р.С. (научный руководитель Соловьев Г.И.)*  
Обеспечение устойчивости подготовительных выработок продольно-балочным усилением комплектов основной крепи на шахте «Южнодонецкая №3» ..... 179
- Палейчук Н.Н., Рыжикова О.А., Шмырко Е.О.,*  
Об адаптации шахтных крепей к асимметричным нагрузкам со стороны пород кровли ..... 183
- Пождаев С.В., Шмырко Е.О.*  
О возможности внедрения бурошнековой технологии при отработке пластов антрацитов в зонах развития русловых размывов ..... 189
- Поповский А.А. (научный руководитель Новиков А.О.)*  
Анализ условий отработки пластов на шахтах Донецко-Макеевского района Донбасса с целью обоснования области возможного применения анкерного крепления в подготовительных выработках ..... 198

<i>Поповский А.А. (научный руководитель Новиков А.О.)</i>	
Обоснование схем размещения анкеров при наличии вокруг выработки зоны разрушенных пород.....	201
<i>Поповский А.А. (научный руководитель Новиков А.О.)</i>	
Об особенностях деформирования пород в монтажных ходках, поддерживаемых комбинированными крепями .....	204
<i>Пометун А.А., Русаков В.О., (научный руководитель Соловьев Г.И.)</i>	
Обеспечение устойчивости конвейерных штреков симметричным расположением замков основной крепи относительно напластования пород .....	209
<i>Самоделов В.А. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i>	
Совершенствование методики расчета нагрузки на арочную податливую крепь .....	214
<i>Резник А.В., Самоделов В.А. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i>	
Способы повышения устойчивости выработок, закрепленных арочной податливой крепью.....	216
<i>Сергеенко М. Ю. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i>	
Маркетинговое управление горными предприятиями.....	221
<i>Сибилева Н.А., Адамян К.К., Семенцова Т.С. (научн. рук. Стрельников В.И.)</i>	
Использование компьютерных программ при курсовом проектировании ..	230
<i>Сивоконь М. А. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i>	
Перспективы применения технологии безлюдной выемки угля на шахтах Донбасса .....	234
<i>Резник А.В., Скачек А.В., (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i>	
Исследования влияния угла залегания пород на работоспособность арочной крепи.....	240
<i>Скачек А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i>	
Новый способ поддержания горных выработок.....	245
<i>Смага И.А. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i>	
Изучение мирового опыта, технических особенностей и характеристик анкерных крепей.....	247
<i>Степаненко Д.Ю. (научный руководитель Соловьев Г.И.)</i>	
Применение комбинированной крепи усиления в условиях шахты им. Е.Т. Абакумова .....	258
<i>Сылка И.В. (научный руководитель Подтыкалов А.С.)</i>	
О подготовке и порядке отработки пластов на новом горизонте 1080 м шахты им. Ленина ПО «Артемуголь».....	263



---

---

<i>Христофоров И.Н. (научный руководитель Шестопалов И.Н.)</i>	
Исследования влияния усиления рамной крепи анкерами на процесс формирования вокруг выработки зоны разрушенных пород .....	275
<i>Резник А.В., Щедрый А.Г. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i>	
Обоснование длины разгрузочной щели для улучшения работы узлов арочной крепи .....	283
<i>Щедрый А.Г. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i>	
Сооружение и поддержание горных выработок в зонах влияния геологических нарушений .....	288
<i>Юрченко Р.А., Бабак Б.Н. (научный руководитель Соловьев Г.И.)</i>	
Обеспечение устойчивости вентиляционных штреков при сплошной системе разработки .....	290
<i>Якубовский С.С. (научный руководитель Соловьев Г.И., Касьяненко А.Л.)</i>	
Особенности механизма выдавливания прочной почвы конвейерного штрека в условиях шахты им. М.И. Калинина .....	297

# Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых

Сборник научных трудов кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУВПО «ДонНТУ»

Статьи в сборнике представлены в редакции авторов

Подписано к печати 24.05.2016 г. Формат 60x84 1/16  
Усл. печ. л. 19,63. Печать лазерная. Заказ № 489. Тираж 300 экз.

Отпечатано в «Цифровой типографии» (ФЛП Артамонов Д.А )  
г. Донецк. Тел.: (050) 886-53-63

Свидетельство о регистрации ДНР серия АА02 № 51150 от 9 февраля 2015 г.