



**А.Д. Алексеев, В.А. Васильковский,  
А.Н. Молчанов, А.И. Спожакин, Г.П. Стариков**

Институт физики горных процессов НАН Украины, Донецк

## **ЭКСПРЕСС-МЕТОД И ДЕСОРБОМЕТР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОГО ДАВЛЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА В УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ**



*Разработан метод экспресс-контроля давления и количества метана в угле в шахтных условиях. Изготовлен и испытан десорбومتر, реализующий метод.*

*Ключевые слова: уголь, метан, десорбومتر, десорбционный паспорт.*

Идея разработки новой методики диагностики метановой подсистемы угольных пластов возникла после обнаружения неизвестной ранее особенности кинетики выхода метана, связанной с «поверхностной» его составляющей. Опыты по десорбции метана показывают, что в первые секунды после отделения кусков угля от пласта уголь может терять более 25 % содержащегося в нем метана. Этот эффект наблюдался также каждый раз после расконсервации проб угля, насыщенных метаном. В работе [1] показано, что выбросной характер выделения газа в этом случае связан с десорбцией метана, адсорбированного на поверхностях открытых пор и трещин угля.

Обнаруженную особенность выхода метана из угля необходимо учитывать при добыче угля в расчетах прогноза загазованности угольных шахт. Более того, наличие значительной «поверхностной» составляющей метана и выявленные особенности кинетики ее эмис-

сии при десорбции требуют ревизии традиционных методик диагностики газовой подсистемы угольных пластов.

У зарубежных и отечественных методов диагностики есть некоторые недостатки. Существенные из них следующие:

- ✦ продолжительное время диагностики;
- ✦ неконтролируемая потеря газа (иногда более 25 %) в пробе угля до ее консервации в пробоотборнике;
- ✦ неповторяемая дисперсия размера гранул угля в пробах и, как следствие, низкая эффективность эмпирического подхода в поисках корреляции между интенсивностью выделения газа, его содержанием в угле и пластовым давлением.

Учитывая этот факт и данные работы [2], в Институте физики горных процессов (ИФГП) НАН Украины разработано научное обоснование способа определения газоносности угольных пластов и пластового давления метана. Предлагаемый способ дает возможность учитывать выявленные особенности и механизмы эмиссии метана (в различных фазах его десорбции).

© А.Д. АЛЕКСЕЕВ, В.А. ВАСИЛЬКОВСКИЙ,  
А.Н. МОЛЧАНОВ, А.И. СПОЖАКИН,  
Г.П. СТАРИКОВ, 2009



Проводившиєся в течение ряда лет научные исследования были доведены до логического завершения при выполнении инновационного проекта „Розробка експрес-метода визначення кількості та тиску метану у вугільному пласті в шахтних умовах. Розділ I. Розробка десорбтометра, методик вимірювання та їх апробація” (проект № 25.1 за 2008г.). В результате выполнения проекта была окончательно отработана методика определения газового давления и количества метана в угольном пласте, а также разработана конструкция и техническая документация десорбтометра.

Суть способа состоит в сравнении данных измерений десорбции метана из угля в постоянный объём камеры с данными предварительного тестирования пласта (десорбционным паспортом), которые заложены в электронный блок памяти десорбтометра ДС-01. 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 выполняются предварительные лабораторные измерения параметров кинетики десорбции метана из угля и количества метана в угле.

Десорбционный паспорт состоит из двух фрагментов. *Первый* устанавливает зависимость интенсивности десорбции метана от величины равновесного давления газа при насыщении угля. В этом случае производится десорбция метана из угля в накопительный сосуд, в котором на отрезке времени  $\Delta t$  регистрируется изменение давления  $\Delta P^{\text{дес}}$ . На базе полученной информации выявляется зависимость  $\Delta P^{\text{дес}}$  от  $P_{\text{нас}}$  в любом интервале времени. Так, например, на рис. 1 точками показан прирост давления  $\Delta P^{\text{дес}}$  в накопительном сосуде в десятиминутном интервале десорбции (времени десорбции между 15 и 25 минутами) в зависимости от того, каким давлением метана  $P_{\text{нас}}$  насыщался уголь. Набор цифровых значений функции  $\Delta P^{\text{дес}} = f(P_{\text{нас}})$  составляет содер-

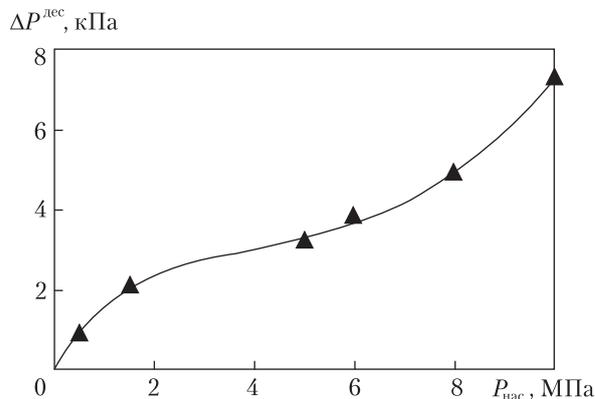


Рис. 1. Первый фрагмент десорбционного паспорта. Изменение давления  $\Delta P^{\text{дес}}$  в накопительном сосуде при десорбции метана во временном интервале 15–25 мин как функция давления насыщения

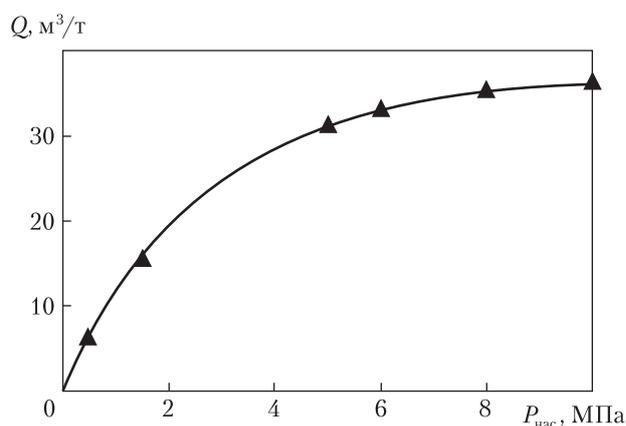


Рис. 2. Зависимость содержания метана в угле от величины равновесного давления насыщения

жание первого фрагмента ДП. Искусственно введенная задержка информации (здесь на 15 мин) принципиально важна, так как в случае измерений непосредственно в шахте первые 10–15 мин обычно теряются на бурение, отсев необходимого размера гранул угля на ситах и другие операции. Таким образом, измерив величину  $\Delta P^{\text{дес}}$  в шахтных условиях и соотнеся ее с данными первого фрагмента паспорта, можно определить давление метана в угольном пласте в месте отбора пробы.

*Второй* фрагмент ДП устанавливает зависимость количества метана в угле от величины



Рис. 3. Внешний вид десорбметра ДС-01

пластового давления (или давления насыщения). Создание второго фрагмента паспорта в лабораторных условиях включает операции:

- ✦ насыщение метаном при различных давлениях (от 0,5 до 10 МПа) нескольких проб угольного штыба естественной влажности;
- ✦ определение количества метана, свободного и адсорбированного на поверхностях открытых пор и трещин, а также метана, содержащегося в микроблоках угля.

Рис. 2 иллюстрирует содержание второго фрагмента десорбционного паспорта, который устанавливает зависимость количества метана  $Q_{\text{CH}_4}$  в угле от величины пластового давления (или давления насыщения  $P_{\text{нас}}$ ).

Набор цифровых значений функции  $Q_{\text{CH}_4} = f(P_{\text{нас}})$  составляет содержание второго фрагмента ДП. Благодаря этой информации по данным пластового давления ( $P_{\text{нас}}$ ) определяется количество метана в угле.

Цифровые значения фрагментов ДП, введенные в электронный блок памяти, составляют информационную базу, необходимую для работы десорбметра ДС-01. Сравнение результатов десорбметрических измерений, выполнение которых занимает 10 мин, с данными информационной базы позволяет в автоматическом режиме определять давление метана в пласте и его количество в угле в месте отбора пробы. Данные ДП периодически обновляются после

прохождения 200 м шахтной выработки и действительны только для данного шахтопласта.

Разработанный в ИФГП НАН Украины десорбметр ДС-01, практически реализующий методику экспресс-анализа углеметановой системы, показан на рис. 3. Конструктивное исполнение измерительного прибора позволяет использовать его как в подземных выработках шахт, опасных по газу и угольной пыли, так и во взрывоопасных зонах внутри помещений на поверхности.

Прибор имеет автономное питание и обеспечивает одновременное измерение в трех кюветах. Встроенный электронный блок, система коммуникаций и управления последовательностью операций позволяют определять давление и количество метана в пласте, сохранять результаты измерений в долговременной памяти и передавать их на поверхность по системе УТАС в режиме реального времени.

Основные технические характеристики десорбметра ДС-01:

- ✦ диапазон измеряемых давлений метана в пласте — 0÷10 МПа;
- ✦ погрешность измерения давления без калибровки датчика давления —  $\pm 5\%$ ;
- ✦ максимальное давление в измерительной кювете — 75 кПа;
- ✦ температурный диапазон — від  $-40$  до  $+50$  °С;
- ✦ максимальная скорость передачи информации по USB-присоединению — 250 кбит/сек;
- ✦ время состояния прибора в режиме «подготовка» — макс. 900 с;
- ✦ время состояния прибора в режиме «измерение» — макс. 660 с.

Блок памяти может содержать цифровую информацию о ДП нескольких шахтопластов, включая конкретные для каждого паспорта времена «подготовки» и «измерения». Составление десорбционного паспорта каждого угольного пласта и программирование осуществляются в настоящее время только в ИФГП НАН Украины.

Как показали проведенные исследования, достоверность получаемых результатов по измерению пластового давления и содержания метана в угле зависит от тщательности и пра-



вильности отбора угольных проб, загружаемых в десорбومتر. С целью исключения возможного искажения результатов измерений, проводимых десорбометром ДС-01, по результатам шахтных экспериментов сформулированы порядок отбора проб и методика выполнения этих работ. Разработанные требования были внесены в руководство по эксплуатации десорбометра. Основные из них приведены ниже.

Образцы для анализа отбираются из штыба, образующегося во время бурения шпуров в угольном пласте. При бурении шпуров *промывка и продувка шпуров сжатым воздухом запрещена*. Пробы угля из шпуров необходимо отбирать с шагом 0,8 м, например, с глубины 0,8 м, 1,6 м, 2,4 м и 3,2 м и т. д. Для этого пробуривают шпур на глубину 0,6 м и прорабатывают, т. е. буровая штанга проворачивается без продвижения вперед до полного выхода измельченного угля (бурового измельчения). После этого необходимо продолжить бурение шпура до глубины 1,0 м и собрать измельченный уголь, который высыпается из шпура, в кассету из двух сит с ячейками: нижнего — 0,9 мм и верхнего — 1,6 мм. Потом отсеять на ситах и гранулы размером 0,9÷1,6 мм ссыпать в пробоотборник до полного его заполнения. Время на все операции от начала бурения шпура на глубинах 0,6–1,0 м до заполнения пробоотборника не должно превышать 15 мин.

Для отбора следующей пробы угля пробуривают шпур на глубину 1,4 м, тормозят подачу буровой штанги и прорабатывают шпур до полного выхода бурового штыба. После этого продолжают бурить шпур до глубины 1,8 м и собирают штыб на сита. Последующие действия такие же, как и в случае подготовки первой пробы. Далее продолжают бурение до глубины 2,2 м, очищают шпур от угольной крошки и выделяют третью пробу из штыба, который образуется при последующем бурении до глубины 2,6 м. Места бурения шпуров и отбора проб должны быть удалены от зон, где проводилась обработка пласта согласно НАОП 1.1.30–5.06.

Десорбومتر автоматически производит определение количества и давления метана в пласте в месте отбора проб, записывает их величины в энергонезависимую память и выводит результаты измерений на свой дисплей. Выбор конструкции элементов десорбометра, его электронной системы был подчинен требованиям максимальной реализации новой методики диагностики системы *уголь–метан* и безопасной работы прибора в шахтных условиях. Десорбومتر прошел успешные испытания на нескольких угольных пластах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А.Д., Васильковский В.А., Шажко Я.В. О распределении метана в каменном угле // Физико-технические проблемы горного производства. — 2007. — Вып.10. — С. 29–38.
2. Алексеев А.Д., Айрули А.Т., Васючков Ю.Ф. и др. Свойство органического вещества угля образовывать с газами метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов. Открытие, диплом № 9; заявка № А-016 от 30.06.94. — М., 10.11.94., рег. № 16.

*А.Д. Алексеев, В.О. Васильковский,  
О.М. Молчанов, А.І. Спозжакін, Г.П. Стариков*

#### ЭКСПРЕС-МЕТОД І ДЕСОРБОМЕТР ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГАЗОВОГО ТИСКУ ТА ВМІСТУ МЕТАНУ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ

Розроблено метод експрес-контролю тиску й кількості метану у вугіллі в шахтних умовах. Виготовлено і випробувано десорбومتر, що реалізує метод.

*Ключові слова:* вугілля, метан, десорбومتر, десорбційний паспорт.

*A.D. Alexeev, V.A. Vasilkovskiy,  
A.N. Molchanov, A.I. Spozhakina, G.P. Starikov*

#### EXPRESS – METHOD AND DESORBOMETER FOR DETERMINATION OF GASE PRESSURE AND METHANE CONTENT IN COAL-SEAM

A rapid method for monitoring of gas pressure and methane content in the coal mine is developed. A device called desorbometer is made and tested for this purpose.

*Key words:* coal, methane, desorbometer, passport of desorbitions.

Надійшла до редакції 15.04.09.

