

УДК 622.831:537.86

В.В. Завражин<sup>1</sup>, Я.В. Шажко<sup>1</sup>, Д.В. Мельников<sup>1</sup>, С.Е. Дегтярь<sup>1</sup>,  
Ш.В. Мамлеев<sup>2</sup>

## ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА УГЛЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ДЕСОРБОМЕТРОМ ГАЗОНОСНОСТИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

<sup>1</sup>ИФГП НАН Украины

<sup>2</sup>ОП «Шахтерская-Глубокая» ГП «Шахтерскантрацит»

*В результате выполненной работы определен оптимальный фракционный состав угля с учетом его гранулометрического состава, температуры и влажности для определения газоносности угольного пласта на десорбометре ДС-03.*

Для определения количества метана в угле наиболее важным является определение времени замера. 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:

$$\tau_f = 4R_{\text{гр}}^2 \eta \gamma / \kappa \pi^2 P_1, \quad (1)$$

где  $\eta$  – вязкость метана ( $\text{Н/м}^2$ );  $\kappa$  – проницаемость угля, мД;  $R_{\text{гр}}$  – размер гранул угля, м;  $P_1$  – давление метана, Па;  $\gamma$  – плотность угля,  $\text{кг/м}^3$ .

Учитывая значительный вклад в процесс десорбции метана из угля, при прочих равных условиях, его гранулометрического состава, установим наиболее представительную фракцию, обеспечивающую максимальную величину объема сорбированной фазы метана при минимальном времени его диффузии [1].

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) обосновать фракционный состав угля для получения достоверных результатов кинетики десорбции метана из угля;
- 2) исследовать кинетику выхода метана из угля разного фракционного состава;
- 3) исследовать влияние влажности угля на десорбцию метана.

Для проведения исследований использовались угли, отобранные на пластах  $h_6^1$  «Смоляниновский» «Шахта им. А.А. Скочинского»,  $m_3$  и  $l_4$  –

«Шахта им. А.Ф. Засядько»,  $l_8$  – «Шахта Щегловская-Глубокая»,  $l_3^H$  – «Кирпичевка» «Шахта им. А.И. Гаевого»,  $l_2'$  и  $l_7^B$  – «Пугачевка» «Шахта Торецкая», характеристики которых приведены в табл. 1. Спектр исследуемых углей наиболее полно представляет горно-геологические условия Донбасса по глубине, газоносности и газодинамической активности.

Таблица 1

Горно-геологическая характеристика угольных пластов

Шахта, пласт	Марка угля	Мощность пласта, м	Угол падения $\alpha$ , °	Глубина залегания, м	Газоносность, м <sup>3</sup> /т.с.б.	Категория опасности	Температура пласта $T$ , °С
Шахта им. А.А. Скочинского, $h_6^1$	Ж	1,4–1,6	11–14	1300	20	особо-опасный	50–52
Шахта им. А.Ф. Засядько, $m_3$	Ж	1,3–1,5	12–15	1300	20,2	выбросо-опасный	41–43
Шахта Щегловская-Глубокая, $l_8$	Ж	0,9–1,0	9–10	1040	19–21	угрожаемый	38–39
Шахта им. А.Ф. Засядько, $l_4$	Ж	0,8–1,41	10–12	1200	17–18	выбросо-опасный	43–44
Шахта им. А.И. Гаевого, $l_3^H$	Ж	1,5–1,8	64–66	975	10,8–12,2	выбросо-опасный	44–45
Шахта Торецкая, $l_7^B$	Ж	0,96–1,07	28–30	810	16–18	угрожаемый	37–38
Шахта Торецкая, $l_2'$	Ж	1,2–1,3	28–30	810	11,2–12,1	угрожаемый	37–38

Методика определения фракционного состава углей заключалась в рассеивании угольного штыба, полученного при бурении скважин диаметром 42 мм по угольному массиву ручным сверлом. Рассев производился на 15 фракций угля, которые взвешивались на лабораторных весах с точностью до 0,01 г при  $d < 0,025$  мм и с точностью до 0,1 г при  $d > 0,025$ .

По результатам фракционного анализа рассчитывался приведенный диаметр частиц по формуле [2]:

$$d_n = \frac{Q}{\frac{Q_1}{d_1} + \frac{Q_2}{d_2} + \dots + \frac{Q_m}{d_m}},$$

где  $Q$  – масса навески, грамм;  $Q_1, Q_2, \dots, Q_m$  – масса частиц фракций, грамм;  $d_1, d_2, \dots, d_m$  – средний размер частиц каждой фракции, мм.

Результаты определения фракционного состава углей представлены на рис. 1.

Анализ результатов свидетельствует, что для крутопадающих пластов размер приведенного диаметра частиц находится в пределах 0,58–0,73 мм, а для пластов пологого залегания – 0,4–0,5 мм, что наиболее представительно для оценки кинетики десорбции метана из угля.

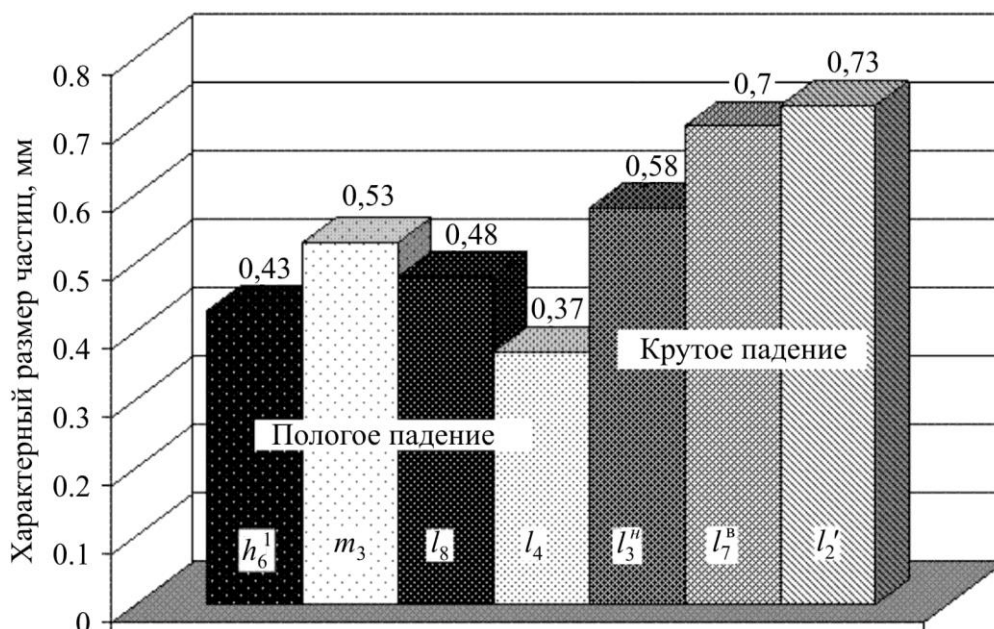


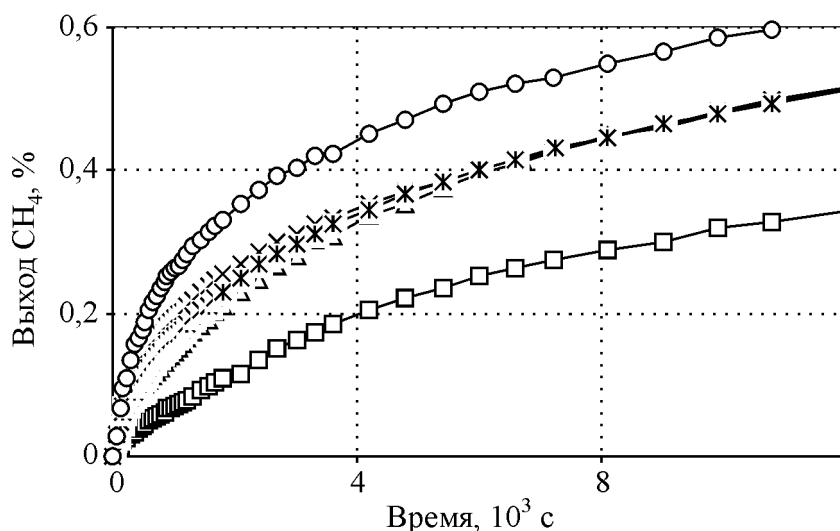
Рис. 1. Характерный размер частиц для угольных пластов крутого и пологого падения

Для определения кинетики десорбции метана из исследуемых угольных пластов отбирались шесть фракций частиц 0,2–0,3; 0,4–0,5; 0,9–1,0; 1,0–1,6; 2,0–2,5 и 3,0–4,0 мм массой не менее 10 грамм. Отобранные частицы угля высушивались в течение 60 мин при температуре 105°C с контролем качества высушивания по спектрам ЯМР. После исчезновения лоренцевой составляющей в спектре ЯМР угля высушенные фракции помещались в емкости высокого давления, в которых производились их вакуумирование при давлении  $10^{-4}$  МПа и насыщение метаном при давлении 10 МПа в течение 144 ч. После этого контейнеры вскрывались и проводились термогравиметрические измерения десорбции метана при температуре 25°C и 50°C [3].

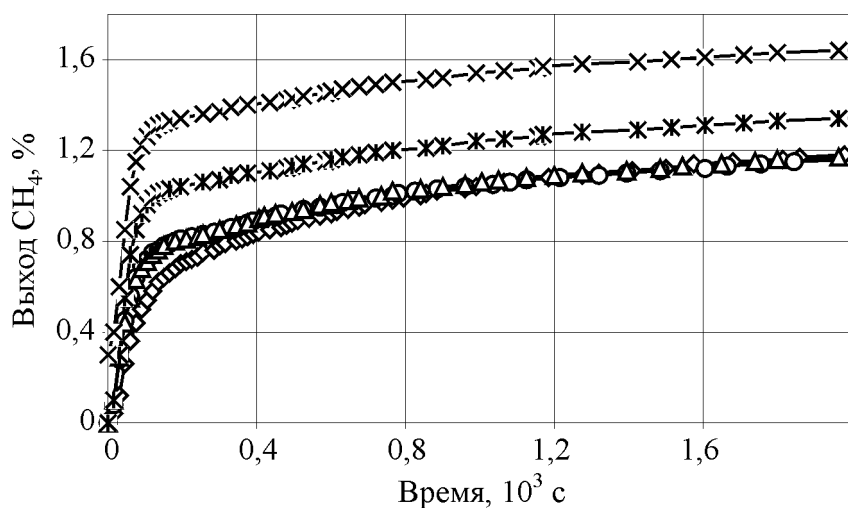
Исследование в двух температурных интервалах связано с учетом температуры вмещающих пласт пород, достигающей на глубинах более 1200 м 50–52°C.

На рис. 2 и 3 представлены зависимости кинетики выхода метана из угля разного фракционного состава при температуре  $T = 25^\circ\text{C}$  и  $T = 50^\circ\text{C}$  соответственно.

Из анализа полученных кривых можно сделать вывод, что кинетика выхода метана из угля для фракций 0,4–0,5, 1,0–0,3, и 1,0–1,6 мм на начальном этапе (до 400 с) отличается мало, а после – практически совпадает (в пределах ошибки). Таким образом, наиболее оптимальными по размерам фракциями угля, гарантирующими достоверную информацию о содержании метана в его микроблоках (с учетом результатов оценки гранулометрического состава при бурении и температуры вмещающих пород), являются гранулы размером 0,2–0,3 мм при температуре угля 25°C и 0,4–0,5 мм при температуре угля 50°C.



**Рис. 2.** Графики зависимости кинетики выхода метана из угля разного фракционного состава ( $\square$  – 2,0–2,5,  $\Delta$  – 1,0–1,6,  $\times$  – 0,4–0,5,  $*$  – 1,0–0,3,  $\circ$  – 0,2–0,3 мм) при температуре  $T = 25^\circ\text{C}$

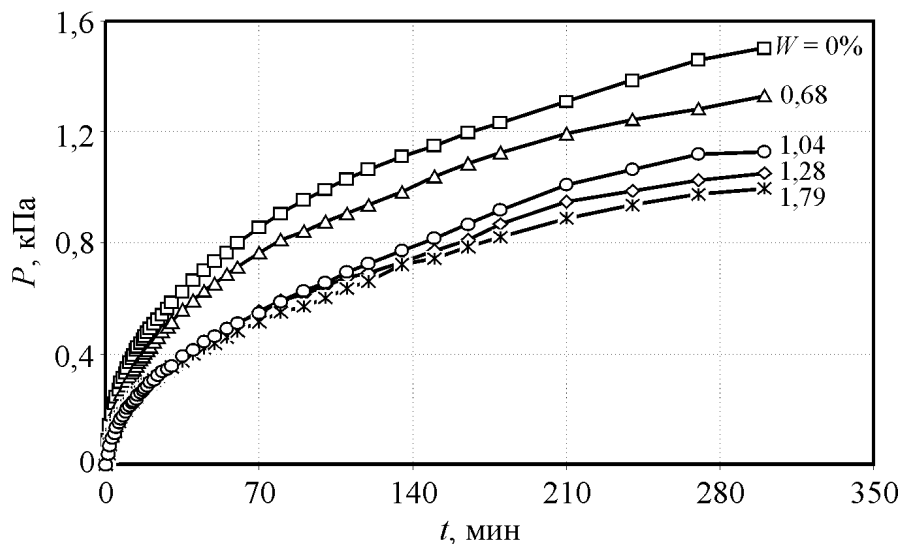


**Рис. 3.** Графики зависимости кинетики выхода метана из угля разного фракционного состава ( $\diamond$  – 3,0–4,0,  $\circ$  – 2,0–2,5,  $\Delta$  – 1,0–1,6,  $*$  – 1,0–0,3,  $\times$  – 0,4–0,5 мм) при температуре  $T = 50^\circ\text{C}$

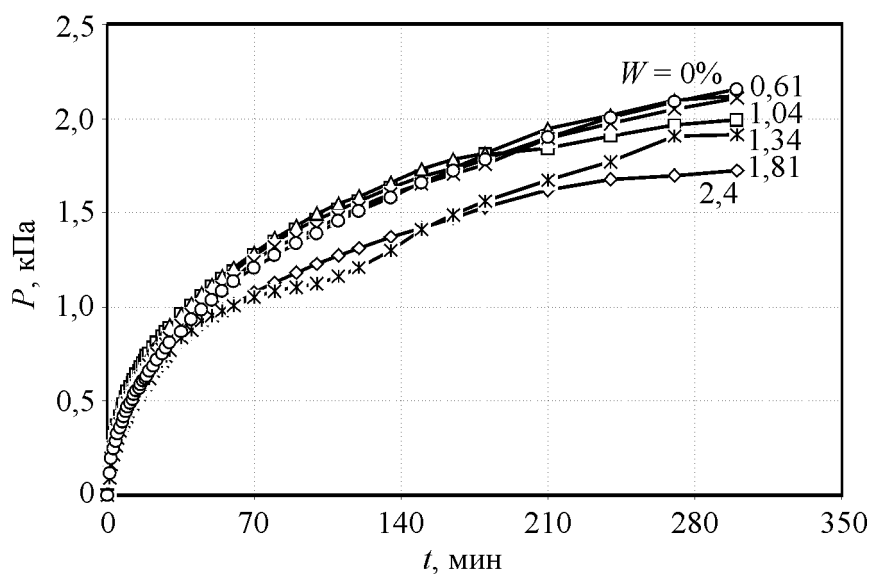
Для определения влияния влажности угля на кинетику выхода метана отбирались пробы двух фракций 0,4–0,5 мм и 2,0–2,5 мм. Подготовка образцов для исследований проводилась по методике [3]. Полученные образцы насыщались в эксикаторе до необходимой влажности. Насыщения их метаном проводились при давлении 10 МПа в течение 10 суток.

Кинетика выхода метана из угля фиксировалась на термовесах (контрольный образец) и десорбометре ДС-03 [4].

На рис. 4 представлены графики зависимости выхода метана от времени для двух фракций угля.



*a*



*б*

**Рис. 4.** Кинетика выхода метана из угля двух фракций при разных значениях влажности: *a* – 2,0–2,5 мм; *б* – 0,4–0,5 мм

Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением влажности скорость выхода метана из угля уменьшается.

По полученным данным была определена потенциальная метаноемкость (рис. 5) и количество десорбированного метана (в %) от влажности за время проведения эксперимента ( $t = 300$  мин) (рис. 6).

По полученным данным установлено, что при увеличении влажности угля до 2% потенциальная метаноемкость уменьшается на 25–30 %, а количество выделившегося метана (за время проведения эксперимента) увеличивается на 37–43%.

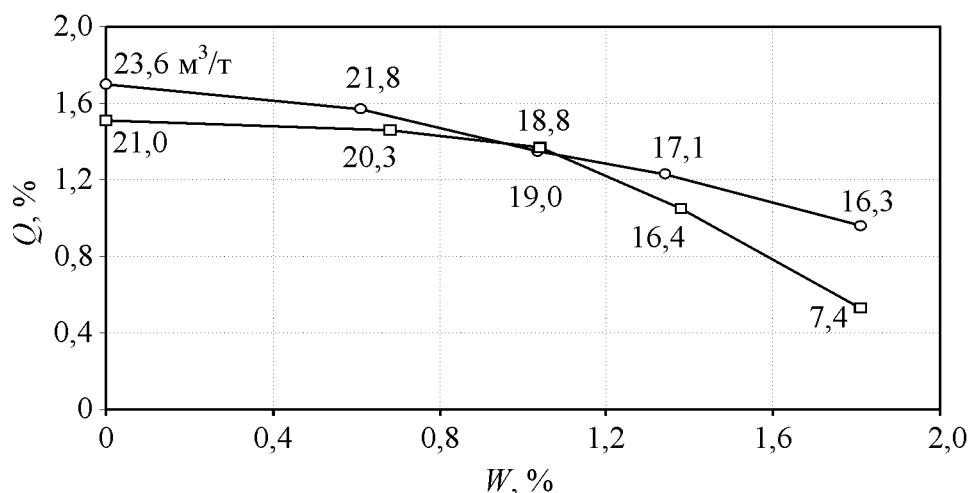


Рис. 5. Потенциальная метаноемкость угля в зависимости от влажности для двух фракций: ○ – 0,4–0,5, □ – 2,0–2,5 мм

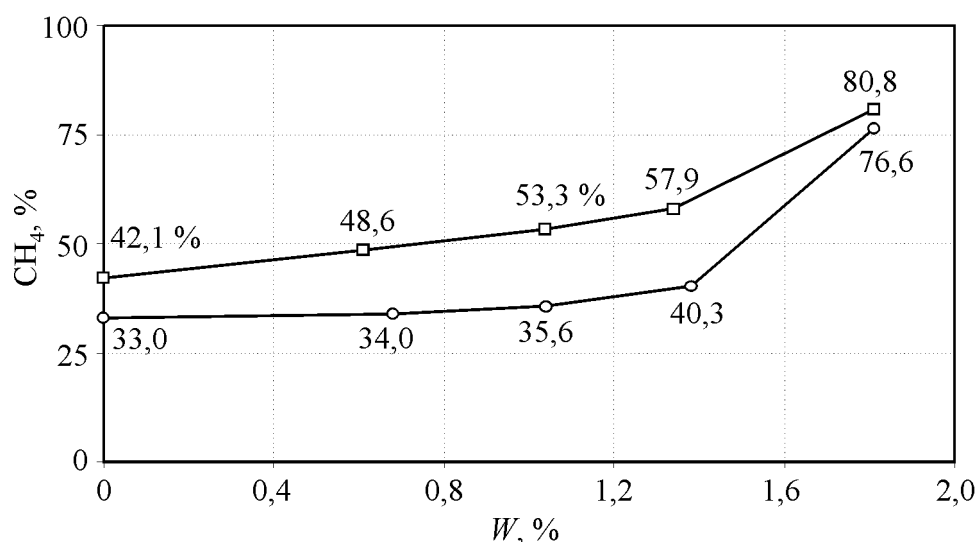


Рис. 6. Количество десорбированного метана (в %) от влажности за время проведения эксперимента ( $t = 300$  мин) для двух фракций: □ – 0,4–0,5, ○ – 2,0–2,5 мм

При использовании экспресс-метода определения газоносности и давления метана в шахтных условиях необходимо учитывать фактическую влажность угля. Для этого необходимо проводить контрольные измерения влажности образцов через каждые 100-150 метров подвигания выработок.

В результате выполненной работы:

1. Обоснован оптимальный гранулометрический состав угля для определения газоносности пологих и крутонаклонных угольных пластов с учетом температуры вмещающих пород и кинетики выхода метана.
2. Установлены зависимости изменения потенциальной метаноемкости и объема выделившегося метана из угля в зависимости от изменения влажности образцов.

1. *Алексеев А.Д.* Экспресс-метод и десорбومتر для определения газового давления и количества метана в угольном пласте [Текст] / А.Д. Алексеев и др. // Наука та інновації. – 2009. – Т. 5. – С. 48-51.
2. *Борисенко А.А.* Диспергирование углей при внезапных выбросах [Текст] / А.А. Борисенко. – М.: Недра. – 1985. – 96 с.
3. *Стариков Г.П.* Способ определения коэффициента диффузии метана в ископаемом угле [Текст] / Г.П. Стариков, В.В. Завражин, И.Н. Смоланов, Т.А. Василенко, Д.В. Мельников // Физико-технические проблемы горного производства. - Донецк: ООО «Апекс». – Вып. 6. – 2003. – С. 151-156.
4. А.с. № 96884 UA, МПК (2011.01) E21F5/00 Пристрій для виміру тиску й газоемкості вугільного пласта [Текст] / А.Д. Алексєєв, 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.

*В.В. Завражин, Я.В. Шажко, Д.В. Мельников, С.С. Дегтярь, Ш.В. Мамлеев*

#### **ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ВУГІЛЛЯ ПРИ ВИМІРІ ДЕСОРБОМЕТРОМ ГАЗОНОСНОСТІ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА**

В результаті виконаної роботи визначено оптимальний фракційний склад вугілля з урахуванням його гранулометричного складу, температури й вологості для визначення газонасності вугільного пласта на десорбометрі ДС-03.

*V.V. Zavrazhin, Ya.V. Shazhko, D.V. Melnikov, S.C. Degtyar, Sh.V. Mamleev*

#### **RATIONALE FOR OPTIMUM PARAMETERS FRACTIONAL COMPOSITION OF COAL UNDER DIMENSION DESORPTION DEVICE GASSY COAL SEAM**

As a result of the work determined the optimal size distribution of coal, given its size distribution, temperature and humidity to determine the gas content in the coal seam at desorption device DS-03