

УДК 544.77.023.523

ПРИМЕНЕНИЕ СЕДИМЕНТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ

Шепелева С. А., к.т.н., доцент

Николаев Ю. А., аспирант гр. ФПа-222

Клецов М., студент гр. ПИБ-221, курс II

Коковин В. А., студент гр. ПИБ-221, курс II

Научный руководитель: Дырдин В. В., д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет

имени Т. Ф. Горбачёва

г. Кемерово

Основная проблема при внезапных выбросах угля и газа, происходящих при подземной разработке угольных пластов, заключается в том, что, как правило, выбрасывается угольных газов в 5–10 раз больше, чем это обусловлено природной газоносностью угля [1]. Современные теории процессов сорбции – десорбции метана в угольных пластах не могут объяснить такое повышенное содержание метана в пористой структуре угля. Из опыта известно [2], что разрушение угля и его пористой структуры приводит к дополнительному выделению газа из отобранного предварительно дегазированного образца. Отсюда можно попытаться сделать предварительный вывод, что метан содержится не только в макропорах, но также в микропористой структуре угля. По данным исследователей ИФУ СО АН РФ [3], микропоры в выбросоопасных пластах могут составлять до 89–92 % от общего объёма пор.

При внезапных выбросах угля и газа разрушение угля происходит до мельчайших размеров частиц, которые называют «бешеной мукой». В этой связи возникает задача экспериментального определения необходимой удельной энергии разрушения угля для частиц разного диаметра и сравнения её величины с реальными значениями, обусловленными действующими напряжениями в краевых зонах угольных пластов, а особенно в зонах дизъюнктивных нарушений. Это позволит по размеру частиц разрушенного угля определить возможное дополнительное газовыделение по сравнению с газовыделением, обусловленным законом Ленгмюра [4]. Следовательно, встает задача определения размера частиц разрушенного угля.

Существуют различные методы определения диаметра микрочастиц, в том числе с помощью микроскопов, лазерной дифракции и др., которые позволяют определять содержание частиц в пробе диаметром порядка 100 мкм [5]. Частицы угольной пыли, называемой «бешеной мукой», имеют значительно меньший диаметр. Для измерения размеров частиц, подобных «бешеной муке», нами предложен седиментометрический метод, который основан на способе отбора весовых проб. Дисперсный анализ суспензий при помощи подъёмной пипетки является основным и наиболее достоверным методом

определения гранулометрического состава тонкодисперсных порошковых материалов [6].

Суть метода заключается в последовательном отборе проб на определённой глубине суспензии в фиксированные моменты времени и определение массы твёрдой фазы в отобранных пробах после выпаривания дисперсной жидкости. Схема установки представлена на рис. 1.

Интервалы времени при оседании частиц в жидкости рассчитывают предварительно по формуле

$$\tau_i = \frac{18 \cdot 10^7 \mu H_i}{(\rho - \rho_{ж}) g d_i^2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность частиц угля, находят по справочнику для каждой марки угля; $\rho_{ж}$ и μ – плотность и динамическая вязкость дисперсионной жидкости; H_i – глубина отбора пробы, отсчитанная от уровня зеркала суспензии; g – ускорение свободного падения; d_i – диаметр частиц пыли.

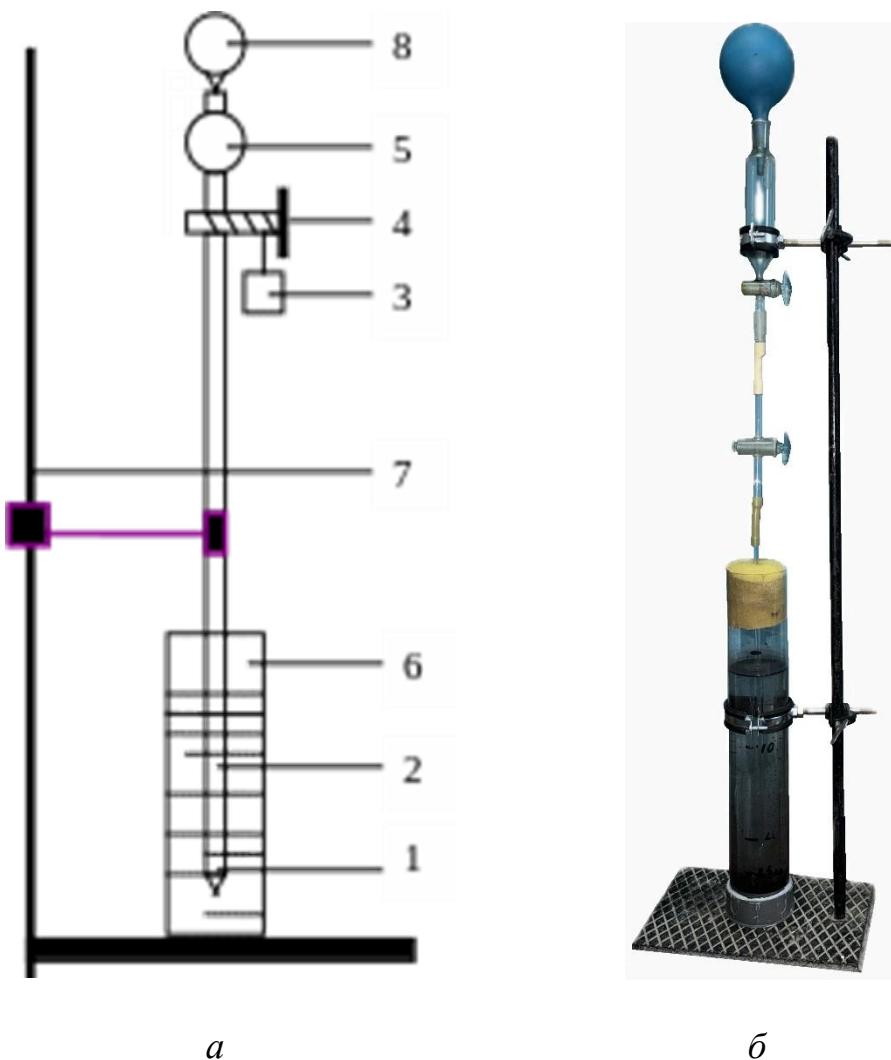


Рис. 1. Схема лабораторной установки (а) и ее внешний вид (б)
1 – наконечник с тремя отверстиями, расположенными под углом 120 градусов; 2 – пипетка; 3 – бюкс; 4 – трехходовой кран; 5 – калибранный сосуд для отбора проб; 6 – цилиндр; 7 – штатив; 8 – груша

В нашем эксперименте ρ – плотность частиц коксующегося угля, составила $1410 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Взято четыре бюксы, которые были пронумерованы и взвешены на аналитических весах с точностью до $0,001 \text{ г}$. В бюксы помещались отобранные пробы с частицами угля для выпаривания жидкости.

Методика измерений заключалась в следующем. Исходную пробу пыли просеяли на сите с ячейками размером 40 мкм . Из подготовленной пробы отобрали навеску массой $m_{\text{п}} = 1,081 \text{ г}$, и размешали её с 50 мл дисперсионной жидкости. В цилиндр пипеточного прибора налили 150 мл дисперсионной жидкости и сюда же перенесли суспензию. Довели уровень жидкости в цилиндре до $V = 250 \text{ мл}$ и размешивали суспензию около 2 минут.

Пипетку для отбора первой пробы опустили в цилиндр и зафиксировали на глубине 20 см от зеркала суспензии (по метке на штативе) и включили секундомер для отсчёта времени оседания.

Отбор первой пробы осуществляли через интервал времени τ_1 , а вторую пробы отбирали на глубине $H_2 = 15 \text{ см}$ через время τ_2 . Затем пипетку установили на глубине $H_3 = 10 \text{ см}$ и через интервал времени τ_3 отобрали третью, пробы. Четвертую пробы отбирали на глубине $H_4 = 5 \text{ см}$ через интервал времени τ_4 . Продолжительность отбора пробы суспензии объемом 5 мл составляла около 30 с , начинали отбор за 15 с до установленного расчетом момента времени взятия пробы.

Каждую пробы переносили в предварительно высушенный и взвешенный бюкс. Бюксы с отобранными пробами ставили в сушильный шкаф. После высушивания бюксы закрывали притертными крышками и взвешивали на весах.

Массовую долю фракции D_i менее заданного эквивалентного диаметра вычислили по формуле

$$D_i = \frac{m_i V}{m_{\text{п}} V_i}. \quad (2)$$

где m_i – масса пробы после высушивания, г ; $V_i = 5 \text{ мл}$ – объем отобранный пробы.

Результаты расчета времени отбора проб, измерений и расчетов приведены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1
Момент времени отбора пробы
для определения массы частиц с размерами d_i

Диаметр частиц $d_i, \text{ мкм}$	20	15	10	5
Время отбора пробы τ_i				
часы	–	–	1	2
минуты	33	44	6	12
секунды	11	15	23	46

Таблица 2

Результаты определения процентного содержания частиц определённого диаметра в пробе разрушенного угля

$d_i, \text{ мкм}$	$m_i, \text{ г}$	$D_i, \%$	$d_{i+1} \div d_i, \text{ мкм}$	$D, \%$
20	0,011	58,27	20	18,33
15	0,007	31,08	15 – 20	27,19
10	0,018	78,26	10 – 15	21,74
5	0,018	76,60	5 – 10	1,66
			5	31,08

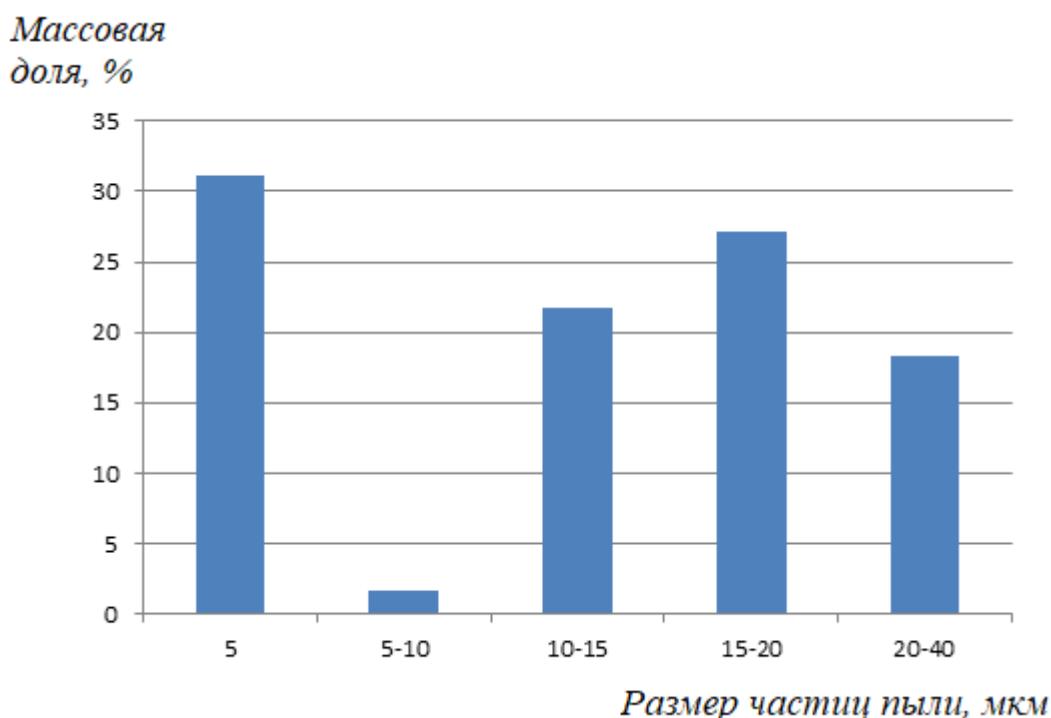


Рис. 2. Распределение частиц угольной пыли в пробе по размерам

Полученные данные позволили вычислить массовую долю фракции частиц с определённым диаметром и определить их процентное содержание в общей массе пыли. Полученные результаты важны для оценки распределения частиц по размерам и могут быть использованы при последующем дополнительном расчёте газовыделения из угля данной марки.

Список литературы

- Чернов О. И., Пузырев В. Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. М.: Недра. – 1979. – 296 с.
- Газовыделение при механодеструкции угля / В. В. Дырдин, Т. Л. Ким, А. А. Фофанов и др. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2019. – № 5. – С. 44-53.

3. Оценка сорбционной метаноемкости коксующихся углей Кузбасса / Е. Н. Козырева, Е. С. Непеина, Е. М. Цуран и др. // Кокс и химия. – 2017. – № 10. – С. 36-41.
4. Николаев Ю. А. Оценка дисперсного состава угля при механическом разрушении / Россия молодая. Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Кемерово, 2022. С. 10204.1-10204.4.
5. Патраков Ю. Ф. Исследование дисперсного состава угольной пыли методом лазерной дифракции / Ю. Ф. Патраков, С. А. Семенова // Горный журнал. – 2020. - № 4. – С. 71-75.
6. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – 3-е изд. перераб. – Л.: Химия, 1987. 264 с.