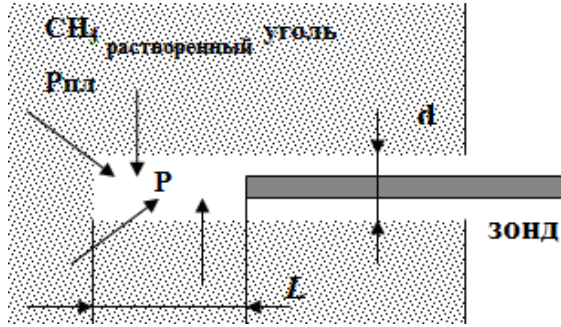


ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЯТЬ ДАВЛЕНИЕ ГАЗА В УГЛЕ

Шажко Я.В., Ожегова Л.Д., Мельник Т.Н., Вишняк Ю.Ю.
Институт физики горных процессов, Донецк

Расположение замерного зонда в угольном массиве



Описанная выше конфигурация эксперимента позволяет одновременно определить пластовое давление газа еще одним методом. Речь идет об использовании эффекта Джоуля-Томсона. Суть эффекта состоит в изменении температуры газа при стационарном его течении через гидравлическое сопротивление (газопроницаемую пробку). Дросселирование идеального газа не изменяет его температуры, в отличие от реальных газов. При конечной разности давлений до и после пробки разность температур (интегральный дроссель-эффект) записывается как

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \int_{P_1}^{P_2} \frac{1}{c_p} \left[T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - V \right] dP = \int_{P_1}^{P_2} \alpha_H dP$$

где c_p - удельная изобарная теплоемкость реального газа, V - его удельный (молярный) объем (вычисляется при помощи уравнения состояния в известном диапазоне давлений), или, для простоты,

$$\Delta T = \alpha_H \Delta P$$

Подынтегральная функция α_H (дифференциальный дроссель-эффект) вычисляется также при помощи уравнения состояния и для газа, подчиняющегося уравнению Ван-дер-Ваальса, записывается как

$$\alpha_H = \left(\frac{RT}{V-b} - \frac{2a}{V^2} + \frac{2ab}{V^3} \right) \frac{1}{c_p}$$

Здесь R - универсальная газовая постоянная, a и b - константы, характеризующие влияние сил молекулярного взаимодействия в газе и объем, занимаемый молекулами, соответственно. Изначально, они входят в уравнение состояния газа, т.е. уравнение Ван-дер-Ваальса:

$$\left(P + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$$

В пробуренную в угольном массиве скважину сразу по окончании бурения вводится зонд способный фиксировать поток газа, выходящего из скважины. В первую очередь и достаточно быстро из угля будет выходить метан, содержащийся ранее в закрытых макроскопических порах и трещинах, разрушенных при бурении. P_m можно трактовать как пластовое давление метана (давление метана в закрытых порах угля вдали от зоны разработок). При попадании скважины в зону разгрузки, т.е. как правило, участка с нарушенной структурой, P_m может и превышать пластовое давление на 10-20%. Зонд фиксирует поток исходящего газа, его количество. Давление P в первом приближении можно полагать близким к атмосферному.

Эти коэффициенты могут быть вычислены по параметрам критического состояния газа:

$$a = \frac{9}{8} RT_c V_{cr}, \quad b = \frac{V_{cr}}{3}$$

Критические параметры метана (температура, объем и давление) известны и составляют $T_{cr} = -82,6^\circ\text{C} = 191\text{K}$, $V_{cr} = 7,46 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$, $P_{cr} = 4,6 \text{ МПа}$.

Для углеводородных природных газов α_H имеет порядок 0,3 град/атм. Так, для охлаждения газа на десять градусов необходим перепад давления в 3 МПа. Иными словами, интегральный дроссель-эффект при высвобождении метана из угля может составлять десятки градусов и быть обнаружен и зафиксирован. Здесь следует отметить, что речь идет о понижении температуры стационарно истекающего газа, а не всего углеводородного массива. Поскольку измерения показывают, что поток газа из шпура практически постоянен, можно использовать и данный метод для определения пластового давления.

Результаты данного эксперимента могут быть основанием и для определения степени нарушенности и проницаемости угольного вещества. Здесь удобно использовать уравнение Дарси для потока газа при стационарном изотермическом течении через транспортную поровую систему:

$$q = \frac{\kappa S}{\eta l} (P_{in} - P_{out})$$

где q - поток газа, η - вязкость газа, κ - проницаемость угля, S - площадь поверхности угля, l - длина пути фильтрации метана. Определив разность давлений и расход газа, можно вычислить проницаемость. Геометрические параметры задачи можно установить, опираясь на данные о скорости массопереноса метана в угле. Ширина зоны десорбции (т.е. «толщина пробки» l) контролируется величиной коэффициента эффективной диффузии D_{eff} : $l = \sqrt{D_{eff} t}$.

Шахтный эксперимент определения температуры десорбирующегося газа из угля

