

УДК 622.831.322

ВЛИЯНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ГАЗОГИДРАТНЫХ ЧАСТИЦ НА ТЕМПЕРАТУРУ В ОКРУЖАЮЩЕМ МАССИВЕ

Ким Т.Л., к.т.н., и. о. заведующего кафедрой

Дырдин В. В., д.т.н., профессор

Фофанов А.А., старший преподаватель

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

При подземной разработке угольных пластов происходят газодинамические явления, наиболее опасные из них - загазирования выработок и внезапные выбросы угля и газа.

Загазирования могут вызывать такие нежелательные последствия, как взрыв метана и угольной пыли, что приводит к нарушению технологического процесса добычи угля.

Решение проблемы заключается в предотвращении опасности загазирования выработок, а именно, в исследовании различных факторов, влияющих на формирование выбросоопасной ситуации и загазирования и снижении их воздействия.

Ранее авторами [1,2] была доказано, что при определенном сочетании термодинамических параметров и горно-геологических условий залегания, влажности и других параметров в угольном пласте могут образовываться и существовать газогидраты. В этой связи возникает потребность более тщательного исследования процесса диссоциации газогидрата в угольных пластах, как источника дополнительного объема свободного газа. Процесс диссоциации сопровождается выделением значительных объемов газа и поглощением тепла. Возникает при нарушении равновесия вследствие, например, скачкообразного уменьшения давления в системе газ – угольный пласт.

Изменение температуры угольного пласта является информативным показателем состояния его призабойной зоны. Данным показателем четко выделяются зоны повышенного горного давления и зоны разгрузки и дегазации [3].

Рассмотрим задачу по изменению температуры при диссоциации газогидратной частицы в угольном пласте. Пусть T - температура угольного пласта, T_1 - температура угольного пласта на границе газогидрат и уголь на расстоянии r_1 от начала выработки, T_0 - температура газогидратной частицы, r - расстояние от центра газогидратной частицы, $R = (60-80) \text{ \AA}$ - размер газогидратной частицы.

В случае сферической симметрии, когда тепловой поток не зависит от φ и Θ уравнение теплопроводности будет иметь вид:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial r} = -\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \bar{q}), \quad (1)$$

Уравнение (1) позволяет рассчитать параметры температурного поля как функции координат и времени. Для этого решим его при заданных краевых условиях методом математического моделирования и определим изменение температуры в окружающем угольном веществе при различных расстояниях от центра газогидратной частицы.

Зададим начальные и граничные условия:

$$T_{r=0} = T_0;$$

$T_{r=\infty} = T$; $q_1 = q_2$ (на границе $r = R$), где q_1 - тепловой поток, направленный к газогидратной частице; q_2 - тепловой поток, необходимый для обеспечения фазового перехода частицы газогидрата в состоянии свободного газа. Тогда,

$$-\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right) = \frac{r'}{S} \frac{dm}{dt},$$

где $r' = 533 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ - удельная теплота, необходимая для разложения газогидрата, $\rho = 680 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность газогидрата, $\lambda = 0,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ - удельная теплопроводность газогидрата метана, $S = \pi R^2$ - площадь поверхности газогидратной частицы; t - время диссоциации газогидратной частицы; dm - элементарная масса газогидратной частицы, \bar{q} - удельный тепловой поток численно равен тепловому потоку, проходящему через единицу площади:

$$\bar{q} = \frac{\bar{\Theta}}{\Xi} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial l} = -\lambda |\text{grad} T|.$$

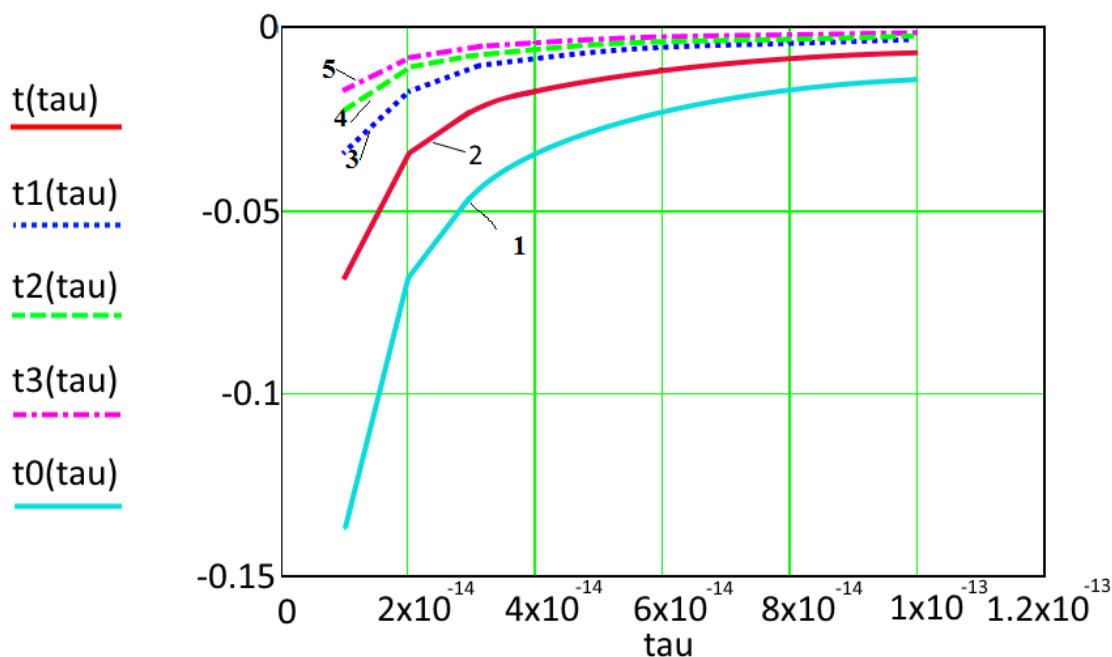


Рис.1. Зависимость изменения температуры в окружающем угольном веществе от времени разложения газогидратных частиц (1- при $r = 0.05$ м; 2- при $r = 0.1$ м; 3- при $r = 0.2$ м; 4- при $r = 0.3$ м; 5- при $r = 0.4$ м)

По оси x задано время разложения газогидратных частиц, по оси y изменение температуры в окружающем угольном веществе.

Таким образом, мы видим, что при незначительном изменении температуры может происходить диссоциация отдельных частиц газогидратов размеры, которых находятся в диапазоне десятков ангстрем, за очень короткий промежуток времени порядка $10^{-14} - 10^{-13}$ с в зависимости от центра газогидратных частиц. Если рассматривать предельный переход от частиц размерами в десятки ангстрем к большим объемам порядка нескольких метров газогидратных пробок, то время, необходимое для их диссоциации будет стремиться к бесконечности, так как для их разложения необходим дополнительный подвод теплоты. Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований 15-05-02240.

Список литературы:

1. Ким, Т. Л. Математическое моделирование загазирования выработок при диссоциации кристаллогидратов в угольных пластах [Текст] / Т. Л. Ким, В. В. Дырдин // Изв. Вуз. Горный журнал. - 2011. - № 2. - С. 131 - 134.

2. Смирнов, В. Г. Исследования форм связи метана с угольной матрицей для совершенствования методик прогноза выбросоопасности [Текст] /В. Г. Смирнов, А. Ю. Манаков, Т. Л. Ким, В. В. Дырдин, С. А. Шепелева // Изв. Вуз. Горный журнал. - 2014. - № 1. - С. 128 - 136.

3. Малинникова, О. Н. Условия образования метана из угля при разрушении [Текст] / О. Н. Малинникова // Горный информационно – аналитический бюллетень. – 2001. – № 5. – С. 95 – 99.