имущественно в результате гетерогенного механизма. Таким образом, частицы космических лучей оказывают наиболее сильное влияние на замерзание относительно мелких капель переохлажденной воды.

Условия диффузионного роста капель воды и кристаллов льда существенно различаются. Так как равновесная концентрация молекул водяного пара над поверхностью воды больше, чем над поверхностью льда, то при одинаковых условиях кристаллы льда растут намного быстрее, чем капли воды. В облаках могут существовать условия, когда концентрация молекул водяного пара меньше равновесной концентрации над поверхностью воды, но больше равновесной концентрации над поверхностью льда. В этом случае наблюдается быстрый рост кристаллов льда за счет молекул, испаряющихся с поверхности капель (перегонка водяного пара с капель воды на кристаллы льда). Таким образом, появление кристаллов льда в результате замерзания переохлажденных капель воды приводит к быстрому увеличению скорости диффузионного роста массы облачных частиц.

Известно, что интенсивность галактических космических лучей (ГКЛ) сильно зависит от состояния межпланетного магнитного поля. В годы максимума солнечной активности появляются сильные неоднородности межпланетного магнитного поля, которые рассеивают заряженные частицы ГКЛ, в результате чего, интенсивность ГКЛ достигающих Земли уменьшается. И, наоборот, в годы минимума солнечной активности, межпланетное магнитное поле относительно однородно, и у Земли наблюдается более высокая интенсивность ГКЛ.

Следовательно, в периоды высокой интенсивности ГКЛ (годы минимума солнечной активности) существуют наиболее благоприятные условия формирования кристаллов льда в облаках и, как следствие, выпадения осадков. Анализ среднесуточных данных о количестве осадков и данных об интенсивности ГКЛ показал, что между интенсивностью ГКЛ и количеством осадков выше 20 мм за сутки существует прямая зависимость. Согласно изложенному выше механизму, влияние ГКЛ заключается в усилении процессов образования облаков и осадков.

Таким образом, в работе рассмотрен один механизм солнечно-земных связей, осуществляющийся по цепочке: солнечная активность — межпланетное поле — интенсивность галактических космических лучей — фазовое состояние переохлажденных облаков — осадки.

## СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕКТОНИЧЕСКИ НАРУШЕННЫХ УГЛЯХ

Беспятов Г.А.
*Кузбасский государственный технический университет, Кемерово*

Отклонение термодинамической системы уголь – вмещающие породы от состояния равновесия под действием потоков энергии и вещества образует открытую неравновесную диссипативную систему. Основу синергетической модели термодинамических неравновесных процессов составляет полная система уравнений [1,2]:

– уравнения неразрывности:

$$\begin{cases} c_1 r_1 \dfrac{\partial u}{\partial t} + c_1 \nabla p - c_1 r_1 f_1 = -c_2 r_2 z; & (1) \\ r_2 \dfrac{\partial w}{\partial t} + \nabla p - r_2 f_2 = -r_2 z. & (2) \end{cases}$$

– уравнение энергии

$$\frac{\partial h}{\partial t} + (u\nabla)h - \frac{1}{r}\left(\frac{\partial p}{\partial t} + u\nabla p\right) + \frac{c_2 r_2}{c_1 r_1}\left[(w-u)z\right] = 0 \quad (3)$$

Полученная система уравнений (1), (2), (3) является замкнутой и представляет собой полную систему уравнений термодинамически неравновесных процессов [3]. В рамках построенной модели рассмотрим движение высокодисперсных компонентов в газовом потоке тектонически нарушенных угольных пластов. Будем предполагать, что основное сопротивление относительному движению газа обусловлено его взаимодействием со взвешенными частицами, т.е. диссипация энергии «фильтрующегося» газа за счет его взаимодействия со взвешенными частицами значительно выше диссипации энергии, обусловленной градиентами усредненных по «каналам» между частицами профилей скоростей. При принятых допущениях система уравнений термодинамически неравновесных процессов одномерного нестационарного движения газовзвесей может быть представлена в виде [3]

$$\frac{\partial(c_1 r_1)}{\partial t} + \frac{\partial(c_1 r_1 u)}{\partial x} = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial(c_2 r_2)}{\partial t} + \frac{\partial(c_2 r_2 w)}{\partial x} = 0, \quad (5)$$

$$\frac{\partial(c_2 r_2)}{\partial t} + \frac{\partial^2(r_1 u)}{\partial x^2} + (1-b)\frac{\partial p}{\partial x} = -b'z, \quad (6)$$

$$\frac{\partial(\rho_2\omega)}{\partial t} + \frac{\partial^2(\rho_2\omega)}{\partial x^2} + \beta\frac{\partial p}{\partial x} = \beta' z, \quad (7)$$

$$\frac{\partial(r_1 h)}{\partial t} + \frac{\partial(r_1 h u)}{\partial x} = \Theta, \quad (8)$$

где $b$ и $b'$ - коэффициенты, учитывающие вклад сил Архимеда и присоединенной массы в общую силу межфазового взаимодействия

$$b = 1{,}5c_i;\ b' = 1 - b - \left(\frac{r_1}{r_2}\right), \quad (9)$$

$\Theta$ - интенсивность контактного теплообмена между газом и частицами взвеси,

$$\Theta = \frac{6 r_1 Nu \cdot l\,(T_1 - T_2)}{2S2\overline{m}}, \quad (10)$$

Одной из главных задач исследования является определение насыщенности парового пространства свободными частицами в процессе фильтрации. Для решения этой задачи запишем уравнения движения (4)-(8) в безразмерных координатах, для чего введем следующие обозначения:

$r = L_0 r_1$, $v = v_0 v_1$, $p = p_0 p_1$, $t = t_1 T_0$, $f_i = g_0 f_i$.

Уравнения движения и неразрывности примут вид:

$$S\frac{\partial v_1}{\partial t} + (v_1\Delta)v_1 = \frac{f_1}{F} - E\Delta p_1 + \frac{1}{R}\Delta v_1,$$

$$\frac{\partial(mr)}{\partial t} + div\, v_1 = 0, \quad (10)$$

Чтобы учесть влияние перемешивания на перенос частиц в газовом потоке, следует к вектору конвективного переноса добавить дополнительный член, учитывающий тензор суффозии, т.е. поток данного компонента записать в виде

$$v_1 = -\frac{kc}{m}\frac{\partial p}{\partial x_i} - D_{ij}\frac{\partial c}{\partial x_j}, \quad (11)$$

Компоненты тензора $D_{ij}$ в главных осях $k_1 = D_{11}$ и $k_2 = D_{22} = D_{33}$ называют соответственно коэффициентами продольной и поперечной суффозий. В одномерном случае $D_{ij} = D(c)$;

$$v = cu - D(c)\frac{\partial c}{\partial x}, \quad (12)$$

и уравнение баланса (10) с учетом (12) примет вид

$$m_э\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left[D(c)\frac{\partial c}{\partial x}\right] - v\frac{\partial c}{\partial x}, \quad (13)$$

Введем обобщенную переменную

$$\Theta = \int D(c)dc, \quad (14)$$

перепишем уравнение (13) в виде

$$\frac{\partial\Theta}{\partial x} = D\frac{\partial^2\Theta}{\partial x^2} - \frac{v}{m}\frac{\partial\Theta}{\partial x}, \quad (15)$$

Исходя из физического смысла задачи краевые и начальные условия можно принять в виде

$$\Theta(0,t) = 1,\ \Theta(\infty,t) = 0,\ \Theta(x,0) = 0, \quad (16)$$

Решение уравнения (15) при условиях (16) будет

$$\Theta(x,t) = \tfrac{1}{2}erfc(x) + \tfrac{1}{2}\exp h\ erfc(x_1), \quad (17)$$

где $x = \dfrac{x - vt}{2(Dt)^{1/2}}$; $x_1 = \dfrac{x + vt}{2(Dt)^{1/2}}$; $h = \dfrac{vx}{D}$, (18)

Анализ полученного решения показывает, что через некоторое время после начала процесса в зоне турбулентной фильтрации формируются миграционные поля, зависящие от отношения расходов твердых частиц и газа, что ведет в свою очередь к снижению пористости и газопроницаемости угольных пластов.

Вековая миграция газов в тектонически нарушенную зону и кольматирование этой зоны мелкодисперсными частицами объясняют существование локальной зоны, где находится свободный газ под большим давлением.

Расчеты показывают, что в таких выбросоопасных зонах газопроницаемость уменьшается более чем в 40 раз.

Повышение давления газа в угольных пластах связано с появлением внутренней энергии газоносного блока, например, 1 м$^3$ метана, находящийся под давлением 10 мПа, обладает энергией до 8,7 Дж/см$^3$, что достаточно для разрушения угля до высокой степени диспергирования.

(9)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хакен Г. Синергетика: Пер. с англ.- М.: Мир, 1980.

2. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов: Пер. с англ. М., 1960.

3. Г.А. Беспятов, В.Н. Вылегжанин, С.С. Золотых. Синергетика выбросоопасной горной среды. Новосибирск: «Наука», 1996.

## ЭКОЛОГО - ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВА МОТОРНЫХ ТОПЛИВ НА АСТРАХАНСКОМ ГПЗ

Бойко В. И., Доценко Ю. И.

*Астраханский государственный университет, Астрахань*

В 2003-2007 гг. должна производиться реконструкция 3-го производства Астраханского ГПЗ (АГПЗ), где из природного конденсата получают различные виды моторного топлива -- бензин, дизельное топливо и мазут. Планируется увеличить объемы выпускаемой продукции примерно в два раза за счет применения эффективных технических решений и технологий, а также углубления переработки газового конденсата.

В результате проводимых мероприятий должна повыситься конкурентноспособность выпускаемой продукции за счет увеличения доли высокооктановых бензинов (АИ-91, АИ-95 и АИ-98) до 70% их общего объема производства и повышения качества и экологических характеристик топлива:

снижения сернистых соединений в данном топливе до 0,05%, а в ближайшей перспективе - менее 0,02% серы по массе;

снижения содержания бензола в высокооктановых бензинах - до 1%.

Использование высокооктановых бензинов (особенно АИ-95 и АИ-98) и малосернистого дизельного топлива позволит существенно улучшить экологическую обстановку в регионе за счет прекращения использования этилированного бензина в г. Астрахани и области и загрязнения в связи с этим атмосферного воздуха и почвы чрезвычайно токсичными галогенидными, оксигалогенидными и оксидными соединениями свинца, относящихся к первому классу опасности; кроме того, значительно сократится загрязнение атмосферы соединениями серы.

Для снижения выбросов оксидов углерода и азота, являющихся в настоящее время ведущими загрязнителями и рабочих зон Астраханского ГПЗ, и атмосферного воздуха в районе размещения завода, предложена реконструкция печей