

УДК 622.83

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖФАЗНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ГРАНИЦЕ УГОЛЬ-ЖИДКОСТЬ-ГАЗ

И. С. Елкин, к.т.н., доцент
Д. Е. Гуров, студент ИИТМиА, II курс

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

Для повышения безопасности ведения горных работ используются различные методы и технологии, одним из которых является увлажнение угольного пласта с применением физико-химического метода воздействия, который заключается в закачивании растворов поверхностно- и химически-активных веществ, приводящих к изменению физико-механических и коллекторных свойств угольного пласта. Что позволяет: снизить газовыделение в горные выработки на 65 – 75%, запыленность атмосферы, снизить газодинамическую активность пласта; выровнить прочностные показатели пласта по простирианию и слагающим пачкам [1], [2].

На сегодня существует несколько методик определения эффективности применения поверхностно-активных веществ (ПАВ), смачивателей для увлажнения угольных пластов, борьбы с пылью и определения их рабочих концентраций [3], [4]. Однако их применение зачастую сопряжено с рядом трудностей.

Целью и задачами исследований являются:

- исследование межфазных взаимодействий в системе уголь-раствор ПАВ-газ и моделирование межмолекулярных взаимодействий в системе уголь-жидкость-газ;
- разработать эффективный метод определения краевого угла смачивания.

Под ПАВ подразумевают фактически любое вещество, добавление которого в воду изменяет ее поверхностно-активные свойства: краевой угол смачивания на границе твердое тело-жидкость-газ, коэффициент поверхностного натяжения. В горной промышленности в целях пылеподавления и для решения других задач наибольшую распространенность приняли смачиватели на основе моющих ингредиентов, мыл, у которых молекула имеет значительный молекулярный вес. На рис. 1 показана смоделированная молекула одного из наиболее распространенного вещества такого типа – молекула смачивателя ДБ.

Краевой угол смачивания (КУС) определяют по углу между касательной, проведенной к поверхности смачивающей жидкости и смачиваемой поверхности твердого тела через точку соприкосновения трех фаз. Как

показывает практика, в таком способе определения краевого угла смачивания погрешность измерения достигает 15 – 20 %, результаты измерений получаются с низкой надежностью, а для малых углов этот метод вообще не применим. Нами разработан метод измерения краевого угла смачивания на основе применения современных цифровых технологий.

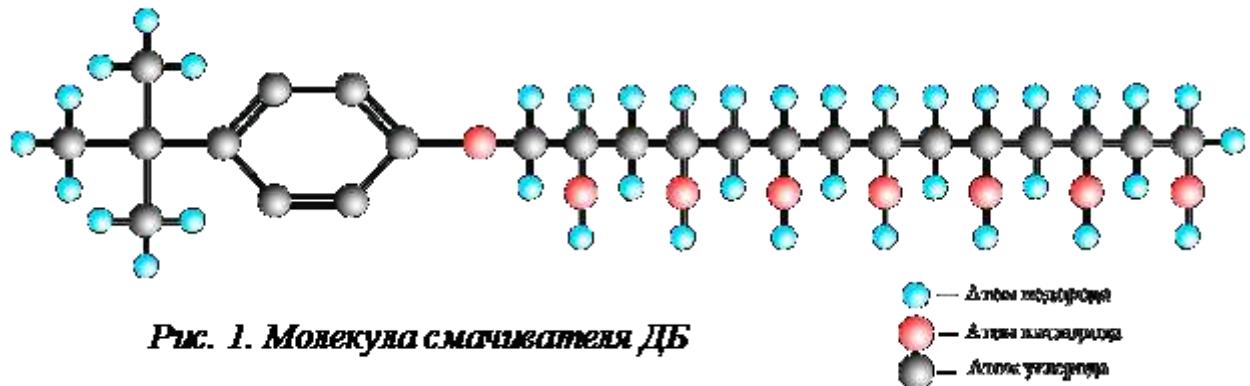


Рис. 1. Молекула смачивателя ДБ

Для проведения исследований использовалось: оптическая скамья с держателями, на которых устанавливались основные элементы: WEB-камера подключенная к компьютеру, объектив, предметный столик с образцом угля с аншлифом, на который помещается исследуемая капля раствора ПАВ.

Согласно разработанной методике, краевой угол смачивания определяется по формулам:

1. Если $\Theta < 90^\circ$, то для вычисления Θ используем формулу:

$$\sin \Theta = \frac{r}{R}, \quad (1)$$

где r , R – радиус основания и радиус шарового сегмента капли.

2. Если $\Theta > 90^\circ$, то используем:

$$\Theta = \arccos \frac{r}{R} + 90^\circ. \quad (2)$$

3. Для углов $0^\circ < \Theta < 5^\circ$ для нахождения высоты h шарового сегмента капли использовали формулу:

$$m_k = \rho V = \rho \frac{1}{6} \pi h (h^2 + 3r^2),$$

где m_k, V – масса капли и ее объем.

По данной методике исследования проводились для углей различной стадии метаморфизма, пористости и влажности, горных пород, растворов ПАВ («Неолас», «Эльфор») различной концентрации.

По результатам исследований и моделирования показано, что скорость изменения КУС определяется скоростью диффузионного движения молекулы из раствора к границе раздела и адсорбцией на поверхности

твердого тела и, с другой стороны, зависит от фильтрационных свойств угля, пористости и др.

В результате проведенных исследований по разработанной методике были получены зависимости изменения КУС от времени и скорости изменения КУС от времени (рис. 2). Результаты исследований показывают, что значительное изменение КУС с течением времени характерно для углей с большой пористостью и при взаимодействиях с раствором ПАВ с оптимальной концентрацией, что свидетельствует об активизации межфазных взаимодействий и микрофильтрации жидкости в приповерхностном слое капиллярно-пористого тела.

Моделирование процесса смачивания, взаимодействия капли с поверхностью угля позволяет разобраться с физико-химическими особенностями процессов взаимодействия на границе раздела фаз. В этих целях с помощью широко распространенных графических и анимационных программ, таких как Photoshop CS5 и Sony Vegas, нами был разработан анимационный проект межфазных взаимодействий на границе раздела уголь-раствор ПАВ-газ.

В результате проведенных исследований также показано, что степень разрушения угля определяет величину КУС. Уголь по своим свойствам является анизотропным веществом с выделенным направлением. На аншлифе полученного параллельно напластования угля с минимальным разрушением и степени механической обработки КУС принимает значения в меньших диапазонах от 30 – 50°, и, напротив, для сильно нарушенного угля, где структура значительно нарушена КУС принимает значения более 120°.

Выводы

По результатам исследований и моделирования процесса взаимодействия показано:

- 1) Основной информационной характеристикой межфазных взаимодействий является краевой угол смачивания;
- 2) Молекулярная структура угольного вещества и его физические свойства, пористость будут определять молекулярную структуру наиболее эффективного ПАВ.

3) Гистерезис краевого угла смачивания наблюдается вследствие межфазовых взаимодействий на границе раздела сред.

Список литературы

1. Васючков, Ю. Ф. Физико-химические способы дегазации угольных пластов / Ю. Ф. Васючков. – М.: Недра, 1986. – 254 с.
2. Елкин, И. С., Повышение эффективности низконапорного увлажнения угольных пластов / И. С. Елкин, В. В. Дырдин, В. Н. Михайлов. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2001. – 100 с.
3. Сумм, Б. Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б. Д. Сумм, Ю. В. Горюнов – М.: Химия, 1976. – 232 с.
4. Трубицына, Д. А. Экспресс-метод оценки эффективности применения смачивателей для борьбы с пылью / Д. А. Трубицына. – Кемерово: Вестник ВостНИИ, 2010, № 2, С. 202–206.