

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 простиранию 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.

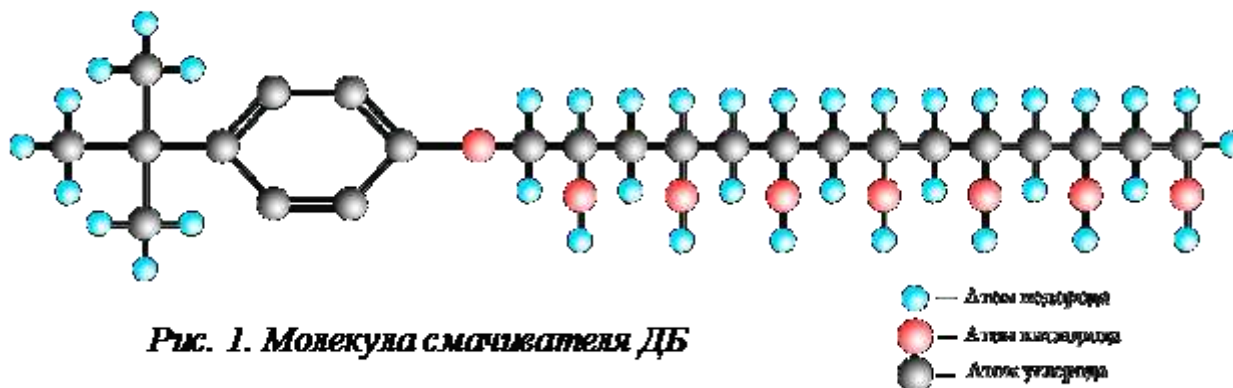
Целью и задачами исследований являются:

- 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.



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  $\Theta$  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°.

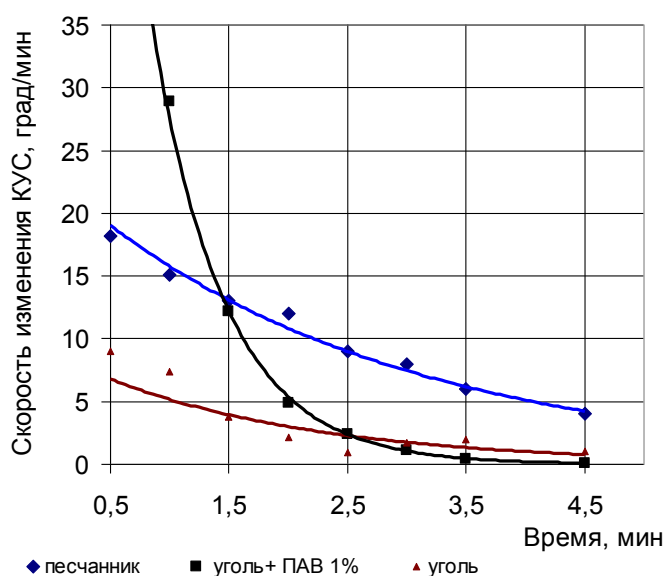


Рис. 2. Зависимость скорости изменения КУС от времени

#### 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: Кузбассвуиздат, 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.