

УДК 622.83

ИЗУЧЕНИЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА УГОЛЬ-РАСТВОР ПАВ-ГАЗ

И. Б. Истомин, студент ИХТН, ХМ₆-141, I курс

Д. Е. Гуров, студент ИИТМиА, ИТ₆-141, I курс

Научный руководитель: И. С. Ёлкин, к.т.н., доцент

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

г. Кемерово

На современном этапе развития технологии горного дела, для безопасного ведения горных работ, используются различные методы, одним из которых является физико-химический метод увлажнения угольного пласта. Физико-химический метод увлажнения угольного пласта заключается в закачивании растворов поверхностно - и химически-активных веществ, приводящих к изменению физико-механических и коллекторных свойств угольного пласта. Этот способ воздействия позволяет: снизить газовыделение в горные выработки на 65 – 75%, а также запыленность атмосферы до 80%; снизить газодинамическую активность пласта; выровнять прочностные показатели пласта по простиранию и слагающим пачкам. Повышение эффективности увлажнения зависит от краевого угла смачивания, при изменении которого, меняется скорость смачивания, физико-химическая активность угля [1], [2].

На сегодня существует несколько методик определения эффективности применения смачивателей для увлажнения угольных пластов, борьбы с пылью и их рабочих концентраций: метод определения смачивающей способности растворов ПАВ по величине сорбции их углем, метод краевого угла смачивания, метод сталагмометра для определения поверхностного натяжения растворов ПАВ [3], [4]. Однако все они трудоемки и требуют больших затрат времени, в связи с чем нами был разработан новый метод на основе метода “сидящей капли” с применением современных цифровых технологий.

Одной из актуальных проблем эффективного использования ПАВ является создание ПАВ, позволяющего универсально решать множество технологических проблем.

Целью и задачами данных исследований являются:

- 1) Изучение межфазных взаимодействий в системе уголь-раствор ПАВ-воздух;
- 2) Моделирование межмолекулярных взаимодействий в системе уголь-жидкость-газ;
- 3) Разработать метод определения краевого угла смачивания и др.

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 поверхност-

ного натяжения. В горной промышленности в целях пылеподавления и для решения других задач наибольшую распространенность приняли смачиватели на основе моющих ингредиентов, синтанол, мыл, у которых молекула имеет значительный молекулярный вес. На рис.1 показана химическое строение молекулы одного из наиболее распространенного вещества, используемого в горной промышленности – молекула смачивателя ДБ.

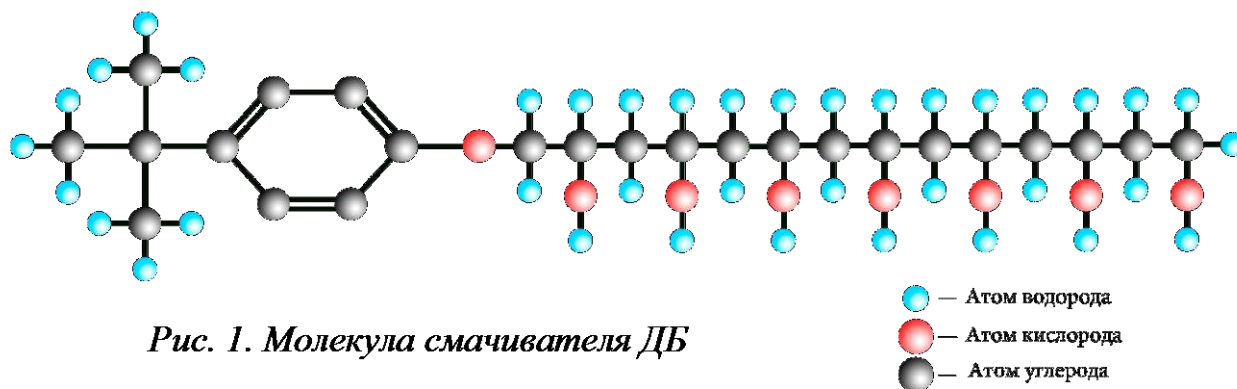


Рис. 1. Молекула смачивателя ДБ

Краевой угол смачивания (КУС) обычно 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 следующее оборудование: оптическая скамья с держателями, на которых закреплялись основные элементы: WEB-камера, объектив, штатив-столик; дистиллированная вода, раствор ПАВ различной концентрации. Общий вид установки представлен на рис. 2.

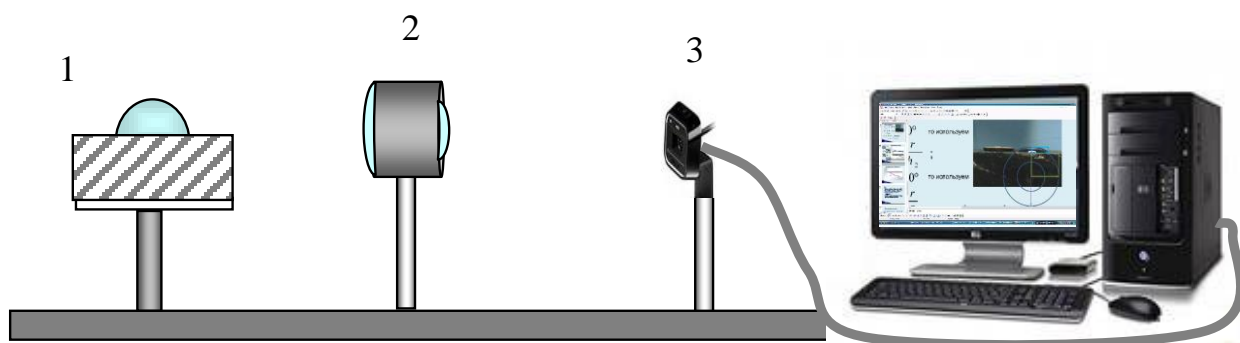


Рис. 2. Установка для определения краевого угла смачивания методом «сидячей капли»: 1 – образец угля с исследуемым раствором ПАВ; 2 – объектив;; 3 – WEB-камера

Разработанная нами методика измерения краевого угла заключается в следующем:

1. Отбирались опытные образцы углей и с помощью шлифовального круга изготавливались аншлифы – поверхности твердого тела для исследований;

2. Образец устанавливался на весы, взвешивался;

3. Готовилась установка (подбирали уровень съемки фотоаппарата, закрепляли в штатив);

4. На поверхность ложился метрический эталон в виде шайбы с известным нам диаметром;

5. Наносили на поверхность образца каплю исследуемой жидкости шприцем так, чтобы диаметр капли не превышал 5 – 6 мм, так как капля в этих условиях будет представлять собой сферический сегмент;

6. Измерялась масса капли;

7. Каплю фотографировали цифровым фотоаппаратом в режиме «макро» в течение 6 минут после ее нанесения через равные промежутки времени или снимали на видео. Затем уголь повторно взвешивался на электронных весах.

8. Производилась обработка результатов измерений. Полученные изображения обрабатывались на компьютере, а краевой угол смачивания рассчитывали 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») различной концентрации.

По результатам исследований видно, 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. 3). Результаты исследований показывают, что значительное изменение КУС с течением времени характерно для углей с большой пористостью и при взаимодействии с раствором ПАВ с оптимальной концентрацией, что свидетельствует об активизации межфазных взаимодействий на границе раздела фаз и микрофильтрации жидкости в приповерхностном слое капиллярно-пористого тела.

В результате проведенных исследований также показано, что степень разрушения угля определяет величину краевого угла смачивания. Уголь по своим свойствам является анизотропным веществом с выделенным направлением. По результатам измерений КУС на аншлифе полученного параллельно напластования угля с минимальным разрушением и степени механической обработки КУС принимает значения в меньшем диапазоне от 30-50 град, и напротив для сильно нарушенного угля, где структура значительно нарушена КУС принимает значения более 120 град в особенности для углей марки К, КЖ выбрасоопасных угольных пластов.

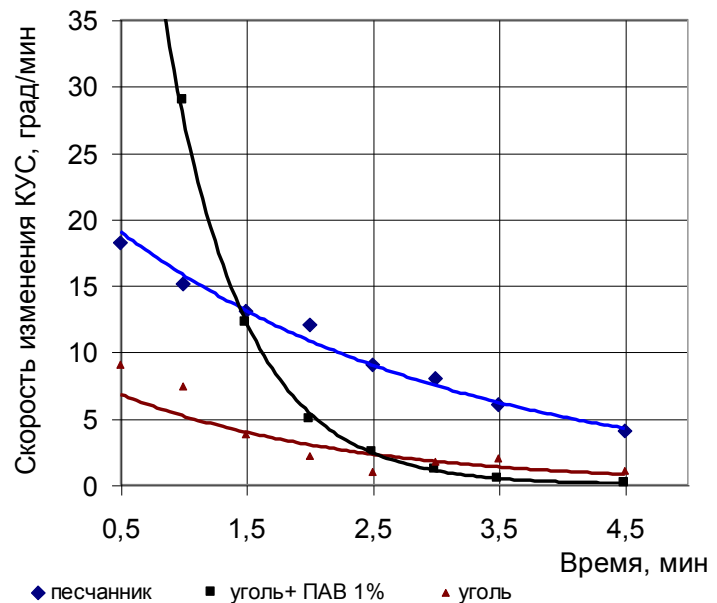


Рис. 3. Зависимость скорости изменения КУС от времени

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 была спроектирована анимационный проект взаимодействия. Для этого, чтобы изобразить молекулу ПАВ нам потребовался графический редактор Photoshop. Его универсальность позволила нам очень точно воссоздать модель молекулы ПАВ. Смоделировать и анимировать процесс взаимодействия молекул нам помог видео редактор Sony Vegas. Его функционал позволил нам наглядно показать процесс взаимодействия капли раствора ПАВ с образцом угля.

Выводы

Анализ проведенных экспериментальных исследований и моделирования процесса взаимодействия позволяет сделать следующие выводы:

- 1) Основной 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) Скорость уменьшения краевого угла смачивания увеличивается с увеличением гидрофильности материала;
- 4) Для гидрофобных материалов с малой пористостью гистерезис краевого угла смачивания не наблюдается;
- 5) На гистерезис краевого угла смачивания влияют:
 - а) чистота поверхности;
 - б) пористость;
- 6) Гистерезис краевого угла смачивания наблюдается вследствие межфазовых взаимодействий на границе раздела сред, протекающих некоторое время.

Список литературы

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