

## **ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ. САМОВОЗГОРАНИЕ И ВЗРЫВАЕМОСТЬ УГЛЯ**

З.Р. Исмагилов, д.х.н., член-корреспондент РАН, директор,  
Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН  
Ч.Н. Барнаков, д.х.н., зав. лабораторией,  
Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН  
С.Н. Вершинин к.х.н., с.н.с.  
Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН

Вопросы безопасности работы на коксохимических заводах связаны с работой в шахтах наличием угля. Можно привести наиболее перспективные исследования для более полного понимания свойств угля и их учёта при ведении как горных работ, так и в наземных производствах.

### 1. Самовозгорание угля.

Проблема самовозгорания угля существует с появления первых угольных шахт. Самовозгорание угля наблюдается в шахтах и на складах, где он хранится [1]. Поэтому склонность угля к самовозгоранию требует постоянного серьёзного исследования.

При изучении склонности угля к самовозгоранию редко встречается такое понятие как «поверхность» угля. Не рассматриваются характеристики поверхности – пористость, удельная поверхность, химические соединения, находящиеся на поверхности и т.д. При этом отмечается роль поверхности, существует понимание, что взаимодействие кислорода с углем происходит на ней. В зарубежных работах поверхностные группы активно исследуются. Отмечено наличие, например, кислородсодержащих соединений разных типов [2].

Уголь имеет сложную структуру с множеством различных пор. Размеры и характер пор несомненно влияют на распределение воды в процессе сушки и доступной для воздуха поверхности, способной к взаимодействию с кислородом.

В современной литературе по исследованию склонности угля к самовозгоранию редко упоминается о пористости угля, размере и количестве пор. Это, возможно, одна из причин разногласий о влиянии присутствия влаги на активность угля и его склонности к самовозгоранию.

В настоящее время в России для определения склонности угля к самовозгоранию используется методика Веселовского примерно 50-летней давности. В организациях, определяющих склонность угля к самовозгоранию методики часто различаются, нет единой. Поэтому температура возгорания угля, определённая в разных организациях, имеет расхождения.

За рубежом применяются достаточно точные методы, например, метод, называемый «точка пересечения» [2]. Температура печи, в которой

происходит испытания, увеличивается по линейной зависимости. Температура угля, продуваемого воздухом, в первое время отстаёт от температуры печи. Затем при возникновении возгорания угля температура образца резко возрастает, сравнивается с температурой печи и затем становится выше. Эту точку, при которой происходит пересечение показаний двух датчиков температуры называют точкой пересечения и считают температурой, характеризующей склонность угля к самовозгоранию. В другом методе образец помещается в печь, нагреваемую с низкой скоростью 2-3 °С в час. При продувке образца воздухом его температура увеличивается и при возгорании начинает превышать температуру печи. При отсутствии возгорания рост температуры незначительный.

Достаточно важным фактором, влияющим на возгорание угля является атмосферное давление. Скорость любой реакции зависит от давления газа в нём участвующего. Атмосферное давление величина непостоянная. Метеорологи отмечают колебания атмосферного давления на уровне моря в одной точке от 641 до 816 мм рт. ст. [3]. Такой перепад давлений может привести к изменению скорости взаимодействия угля с воздухом на 30-50%. Поэтому изучение склонности угля к самовозгоранию следует проводить с учётом атмосферного давления. Изложенные методы определяют начало возгорания угля при достаточно высокой температуре, когда уголь уже загорелся. Реальный процесс самовозгорания угля начинается в шахтах уже при 12-15 °С. Следовательно, наиболее важным направлением является исследование начальной стадии процесса. На первой стадии необходимо начать изучение поверхности угля с целью определения её характеристик и их влияния на химическую активность угля при обычной для шахты или поверхности Земли температуре. На второй необходимо изучить кинетику окисления угля при низких температурах. Параметры, которые влияют на скорость окисления – концентрация кислорода, температура, относительная влажность, скорость продувки воздуха через образец, давление воздуха, легко моделируются на современных установках.

## 2. Взрываемость угольной пыли.

Взрываемость угольной пыли – также очень важная проблема для производителей и потребителей угля. Энергия взрыва угольной пыли значительно выше, чем энергия взрыва аналогичного объёма практически любой газо-воздушной смеси. Угольная пыль может перейти во взвешенное состояние на нескольких этапах переработки угля. Она образуется при дроблении, размоле, погрузке и транспортировке угля. Последствия взрыва угольной пыли часто более тяжёлые, чем последствия взрыва метана.

Имеются работы, где для определения характеристик взрываемости угольной пыли учитывается содержание летучих веществ в угле. Этот вопрос представляется дискуссионным, т.к. взрыв происходит практически мгновенно, а для выделения летучих веществ требуется определённое время. В разных странах для оценки опасности взрывчатости угольной пыли допускается разное содержание летучих веществ в угле. В таблице 2

приведены данные об опасности угольных пластов в разных странах. Кроме того, в России к опасным относятся пласты угля с меньшим выходом летучих веществ, взрывчатость пыли которых установлена лабораторными испытаниями. Во Франции взрывчатость угольной пыли для каждого шахтопласта определяется лабораторным путём независимо от выхода летучих веществ.

Таблица 2.

Содержание летучих веществ, с которым пласты угля считаются опасными по пыли [4].

Страна	СССР, Россия	Польша	Чехия	Англия	Голландия	США
Количество летучих в угле, считающееся опасным, %	15	12-14	12-14	20	12-14	3,1-7,9

Разница в данных является подтверждением, что проблема оценки взрывчатости угольной пыли является достаточно актуальной. Возможной причиной указанных расхождений является различия в применяемых методах. В обзоре, опубликованном в США [5] показано, что нижний предел взрываемости угля Покахонтас (Pocahontas) с низким содержанием летучих равен  $100 \text{ г/м}^3$  при энергии инициирования 5 КДж и  $140 \text{ г/м}^3$  при энергии инициирования 2,5 КДж. Однако эти данные не снимают вопрос о влиянии характеристик поверхности угля на склонность пыли к взрывам и параметров атмосферы. Для расчёта характеристик взрывоопасной смеси используется концентрация пыли в воздухе и интервал размера частиц.

Заметно меньше внимания обращается на распределение размера частиц угля, что влияет на общую поверхность угля. Мелкие частицы имеют суммарную поверхность больше крупных. Из химической кинетики гетерогенных реакций известно, что величина поверхности взаимодействия твёрдых частиц с газами является очень важным параметром, определяющим скорость процесса. Поэтому, кроме размера частиц, необходимо учитывать их общую поверхность. Также необходимо учитывать давление атмосферного воздуха и температуру в шахтах и местах переработки угля. Эти параметры могут оказывать заметное влияние и оказаться критичными для взрываемости пыли.

#### Список литературы

1. Bo-tao Q., Lei-lin Z., De-ming W., Qin X. The characteristic of explosion under mine gas and spontaneous combustion coupling //The 6th International Conference on Mining Science & Technology//Procedia Earth and Planetary Science 2009.- V1.- P. 186–192.

2. Rfdioglu Y., Varamaz V. The effect of moisture content and air-drying on spontaneous combustion characteristics of two Turkish lignites//Fuel 2003.-V. 82.- P. 1685-1693.
3. Интернет-ресурс <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
4. Интернет-ресурс [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_geolog/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/).
5. B Jensen, A D S Gillies Review of coal dust explosibility research//The AuslMM Proceedlngr Coal dust explosibility No 2 1994 P. 9-14.