

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ПРОГНОЗА ОЧАГОВ САМОВОЗГОРАНИЯ УГЛЯ

**д.т.н. Стариков Г.П., к.т.н. Завражин В.В., инж. Старикова И.Г.,
асп. Чистоклетов В.Н. (ИФГП НАНУ), асп. Меляков А.Д. (ДонНТУ)**

У результаті виконаної роботи встановлено, що для вугілля усіх марок, кожному інтервалу температур відповідає своя площа під широкою лінією спектра ЯМР, відповідальна за органічну складову вугілля. Установлена закономірність є основою для прогнозування осередків ендегенних пожеж у вугільних пластах.

SCIENTIFIC BASES OF METHOD OF PROGNOSIS OF HEARTHS OF SPONTANEOUS COMBUSTION OF COAL

**Starikov G.P., Zavrazhin V.V., Starikova I.G., Tshistokletov V.N.,
Melyakov A.D.**

The set dependences are simply shown for the coals of all brands, that the area under the wide line of the NMR spectrum, accountable for the organic constituent of coal, corresponds to every interval of temperatures. The set conformity to the law is a basis for prognostication of hearths of endogenous fires in coal layers.

Эндегенные пожары на угольных предприятиях являются одним из сложных видов аварий. Длительность и трудоемкость тушения, простой горных работ, потеря оборудования, выработок обуславливает значительный экономический ущерб от пожаров. Самовозгорание угля в выработках угольных шахт происходят в полостях внезапных выбросов, а так же в примыкающих к выработке целиках. Особенно опасны участки в зонах геологических нарушений. За последние 15 лет на шахтах Украины регистрируются от 6 до 36 эндегенных пожаров в год. Активным способом было потушено 36%, изолировано 59%, комбинированным способом ликвидировано 5% пожаров. Они стабильно остаются на втором месте по численности, после экзогенных пожаров и на первом по размерам ущерба. Убытки в целом составляют до 40% от затрат, полученных в результате аварий на угольных шахтах Украины [1]. Кроме прямых убытков, связанных с потерей техники, горных выработок, особенно большие

косвенные убытки, связаны с простоями лав или несвоевременной подготовкой фронта очистных работ. За последние годы эндогенными пожарами были выведены из эксплуатации и осложнена подготовка новых добычных полей на шахтах: им. А.Ф. Засядько, им. А.А. Скочинского, им. Г.Г. Капустина и др.

Существующие методы прогноза эндогенных пожаров угля, основанных на определении температуры поверхности угольного массива, концентрации в атмосфере углекислого газа и непредельных углеводородов [2] не позволяют однозначно указывать координаты очагов самовозгорания. Это в свою очередь снижает эффективность локализации и ликвидации очага горения угля.

Использование классических методов, основанных на теории массо-тепло переноса и химической кинетики для многокомпонентной угольной среды весьма затруднительно. Поэтому методы оценки координат очагов самовозгорания, в первую очередь, должна базироваться на учете закономерностей изменения молекулярной структуры угольного вещества в интервале температур, определяющих процессы его самовозгорания и горения. Применительно к поставленной задаче использовался метод ядерного магнитного резонанса количественно учитывающего степень уменьшения водородо-содержащих флюидов в органической составляющей угля в зависимости от температурных условий.

Для исследования использовались угли марок Д, Г, К, Т, А, характеристика которых приведена в таблице 1.

Табл. 1

Характеристика исследуемых проб ископаемых углей.

№ пробы	Шахта	Пласт	Марка угля	Влажность угля аналитическая W^a , %	Зольность A^d , %	Выход летучих веществ V , %
1	Трудовская	I_4	Д	2,4	5,1	39,2
2	Стаханова	I_3	Г	1,14	4,88	32,6
3	Скочинского	h^1_6	К	0,95	5,22	19,4
4	Румянцева	k_7	Т	0,97	10,3	10,2
5	Коммунист	g_2	А	2,5	9,0	5,5

Оценка степени влияния высоких температур, вызывающих экзотермические реакции в молекулярной структуре угля производились по спектрам ЯМР [3], которые количественно определяют наличие протонов водорода в органической части угля и водородосодержащих флюидов в алифатической части. Используя указанную методологию, были определены изменения площадей на спектрах углей марок Д, Г, К, Т, А при нагревании до 1000°C.

Для нагревания угольных проб при проведении исследований использовалась установка представленная на рис. 1, позволяющая в бескислородной среде создавать заданные градиенты температур с фиксированием потери массы угольной пробы.

Работа с установкой осуществляется следующим образом.

Уголь загружался в кварцевую пробирку (1), помещенную в другую термостатирующую кварцевую пробирку (3). В уголь водят термометр (2) при работе до 500°C или термопару при работе и нагревом более 500°C. Заданный режим нагрева поддерживали печью (4), соединенной с ЛАТР(ом) (5). Выделяющийся газ измеряли газометром (6). Параллельно ставят холостой опыт с загрузкой такого же объема песка (вместо угля) для исключения ошибки за счет расширения воздуха при нагревании. Скорость нагревания составляла 8°C/мин, продолжительность выдержки при конечной температуре на превышала 30 минут.

В процессе нагревания через каждые 150°C уголь извлекался из контейнера, охлаждался до комнатной температуры и помещался в измерительное устройство установки ЯМР.

Все образцы прописывались на установке ЯМР в стандартных условиях записи. В качестве примера на рис. 2, 3 показано изменения спектров ЯМР в зависимости от температуры нагревания для угля марки К при двух уровнях модуляции. Для всех углей были рассчитаны площади широкой линии спектра ЯМР.

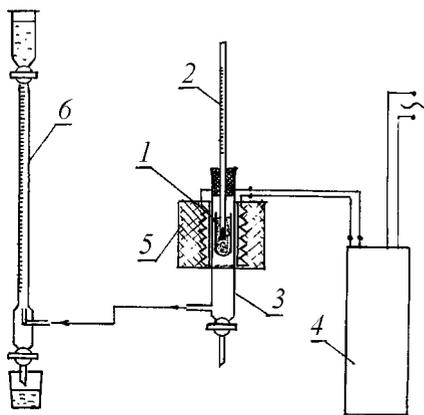


Рис. 1. Установка для нагревания угля: 1 – контейнер (пробирка) с навеской угля; 2 – термометр; 3 – термостатирующая рубашка; 4 – электропечь; 5 – ЛАТР; 6- газометр.

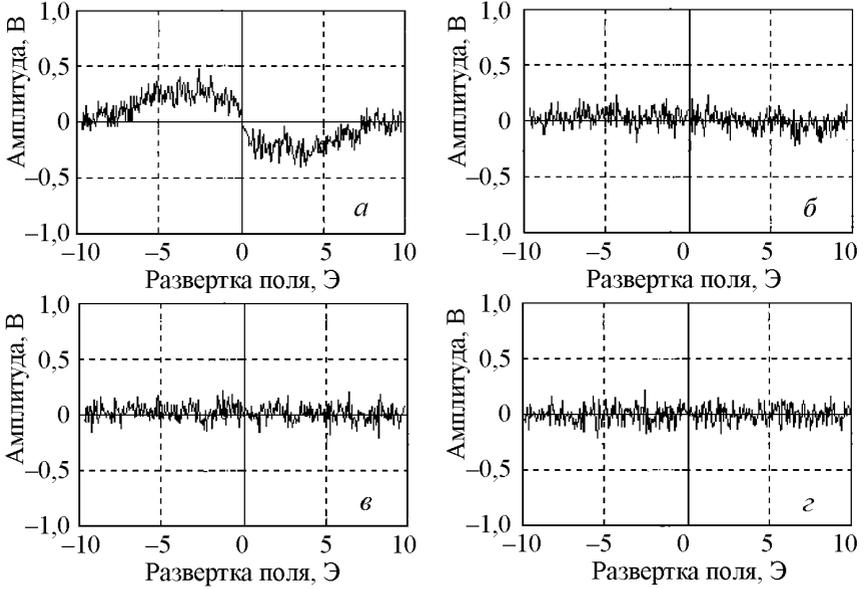


Рис. 2. Спектры ЯМР- ^1H для угля марки К (амплитуда модуляции 0,4Э): *а* – исходный, *б* – $T = 400^\circ\text{C}$, *в* – $T = 650^\circ\text{C}$, *г* – $T = 950^\circ\text{C}$

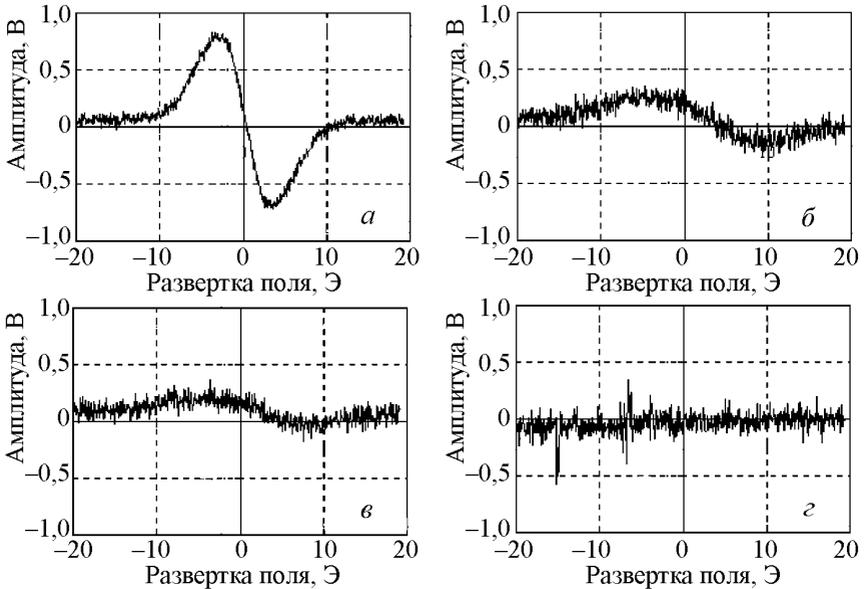


Рис. 3. Спектры ЯМР- ^1H для угля марки К (амплитуда модуляции 1 Э)

На рис. 4. приведены результаты исследований в виде зависимостей изменения площадей широкой линии спектра ЯМР угля от температуры. Установленные зависимости однозначно показывают для углей всех марок, что каждому интервалу температур соответствует своя площадь под широкой линией спектра ЯМР, ответственная за органическую составляющую угля. Установленная закономерность является основой для прогнозирования очагов эндогенных пожаров в угольных пластах.

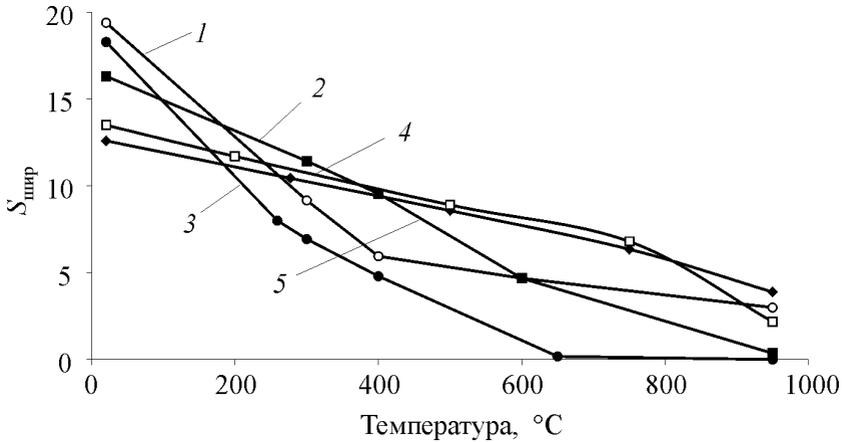


Рис. 4. Изменение площади широкой линии углей под влиянием температуры нагрева: 1 – Д, 2 – Г; 3 – К; 4 – Т; 5 – А.

Для этого необходимо установить для всех самовозгорающих углей зависимость $S_{шир} = f(T)$ и при наличии косвенных признаков самовозгорания по существующим методам, пробурить скважины в прилегающую зону самовозгорания пласта, отобрать пробы угля, определить площадь широкой линии спектра ЯМР и сравнить с нормированной зависимостью ($S_{шир} = f(T)$). Апробация полученных результатов производилась после пожара в 15-й западной лаве на угольном пласте l_1 шахты им. А.Ф. Засядько.

Методические исследования проводились следующим образом. В месте горения угля отбирались пробы с поверхности забоя и до глубины 2,5-3,0 м с интервалом отбора 0,2-0,3 м. После этого на установке ЯМР записывались спектры угля по каждой пробе. По результатам записи строились зависимости, характеризующие изменение площади спектров угля в месте отбора проб. Используя зависимость (рис. 4), была установлена фактическая температура в зоне, примыкающей к очагу пожара, представленная на рис. 7 в виде зависимости $T = f(L)$.

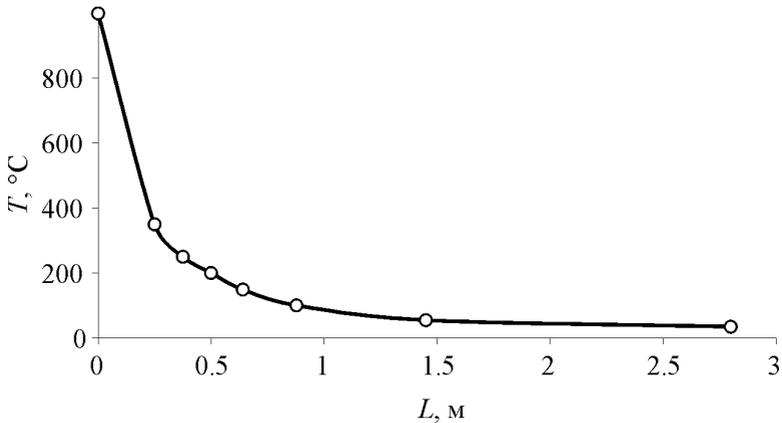


Рис. 5. Зависимость глубины прогрева угольного массива от температуры после пожара на ш. им. А.Ф. Засядько.

Анализ результатов свидетельствует, что на поверхности очистного забоя температура составила более 1000°C, а глубина распространения температурного фронта не превышала 2,5 м. С одной стороны эти результаты подтверждают обоснованность установленных закономерностей, а с другой стороны показывают, что из-за низких значений глубины прогрева угольного массива точная оценка координат очагов самовозгорания существующими методами невозможна. Для этого необходимо использовать разработанную методологию, основанную на результатах анализа проб угля по спектрам ЯМР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Костенко В.К.* Геомеханічні і аерологічні основи запобігання пожеж від самозаймання вугілля в шахтах: Автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 21.06.02/ МакНІИ. – Макеевка, 2004. – 36 с.
2. *Н.В. Каледин, В.Я. Альперович, П.С. Пашковский и др.* Методика распознавания вида сгорающих веществ при пожарах в выработанных пространствах угольных шахт.– Донецк, ВНИИГД.– 1986.– 27 с.
3. *Стариков Г.П., Жеремьевский Д.Э., Завражсин В.В., Шевченко Л.В., Мельников Д.В.* Исследование влияния высоких температур на кинетику газовой выделения в углях // Физико – технические проблемы горного производства.- Донецк.- 2004.- Вып.7.- С. 135-141.