

УДК 662.62:537.868

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТВЕРДЫЕ ГОРЮЧИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

© 2011 О.С. Данилов, В.А. Михеев, Т.В. Москаленко

Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН, г. Якутск

Поступила в редакцию 05.05.2011

В статье приведены результаты экспериментов по влиянию электромагнитного микроволнового излучения на твердые горючие ископаемые. Установлено, что при воздействии излучения происходит изменение структуры и свойств исследуемых твердых топлив. Наиболее эффективно излучение воздействует на твердые горючие ископаемые с низким содержанием углерода – торф и бурый уголь.

Ключевые слова: *торф, уголь, электромагнитное микроволновое излучение, свойства твердых горючих ископаемых*

В настоящее время имеется две полярные точки зрения на развитие топливно-энергетической сферы – фундамента экономической стабильности Российской Федерации. Одна из них основана на тезисе, что существующие запасы, в частности запасы твердых горючих ископаемых, столь велики, что наиболее рациональным вариантом является их интенсивное использование – увеличение добычи сырья без обогащения. Другая точка зрения состоит в том, что предложение угольной продукции топливного назначения значительно превышает потребности внутреннего рынка. Экспорт же, в силу большой географической удаленности большинства добывающих предприятий от потенциальных зарубежных потребителей и высоких железнодорожных тарифов, экономически малоэффективен [1]. Поэтому наилучшим решением для повышения рентабельности и конкурентоспособности угледобывающих предприятий является внедрение глубокой переработки сырья в продукты нетопливного назначения (активный уголь, синтетическое жидкое топливо, гуминовые вещества). Эти продукты обладают большой добавленной стоимостью по сравнению с исходным сырьем, высокими ценовыми показателями и стабильным рынком сбыта.

Данилов Олег Сергеевич, научный сотрудник лаборатории комплексного использования углей

Михеев Валерий Александрович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией комплексного использования углей

Москаленко Татьяна Владимировна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории комплексного использования углей. E-mail: lab-kiu@mail.ru

Традиционным способом глубокой переработки твердых горючих ископаемых является их термическая деструкция (пиролиз) в тепловом поле. Однако в силу того, что твердые топлива обладают низкой теплопроводностью, традиционный подвод тепла имеет ряд существенных недостатков: 1) большая продолжительность процесса; 2) высокие энергозатраты; 3) неравномерность нагрева, что ведет к нестабильности качества получаемого продукта [2]. Все это негативно влияет на экономические показатели производства, сильно завышая себестоимость продуктов переработки. Следовательно, актуальной задачей является разработка новых высокоэффективных способов переработки твердых топлив.

Одним из наиболее перспективных современных методов воздействия на твердые горючие ископаемые является применение электромагнитного микроволнового излучения [3]. Основным отличием пиролиза в электромагнитном микроволновом поле по сравнению с термическим процессом в тепловом поле состоит в распределении поля в области расположения материала, подвергающегося термической обработке. Если при тепловой обработке внешнее тепловое поле распространяется в материале с периферии к центру, постепенно его прогревая, то в электромагнитном микроволновом поле подводимая энергия преобразуется в тепловую только в самом материале [4]. Следовательно, тепловые потери значительно меньше, а КПД процесса выше.

Основным условием эффективного воздействия электромагнитного микроволнового излучения на материал является то, что он

должен быть диэлектриком и характеризоваться определенной совокупностью диэлектрических свойств. По своим диэлектрическим свойствам угли низших стадий метаморфизма аналогичны диэлектрикам, средних – более похожи на полупроводники, а высших – можно сравнить с проводниками [5].

Цель работы: экспериментальное исследование влияния электромагнитного микроволнового излучения на структуру и свойства твердых горючих ископаемых.

Объектом исследования выступили твердые топлива различных месторождений Республики Саха (Якутия): торф (Нерюнгринский район), бурые угли марки 2Б (Кангаласское месторождение Ленского бурогоугольного бассейна), каменный уголь марки 2 СС (Нерюнгринский разрез), каменный уголь марки КЖ (шахта Денисовская).

Условия проведения экспериментов были заданы следующим образом: частота электромагнитного микроволнового излучения – 2450 МГц; мощность электромагнитного микроволнового излучения – 900 Вт; рабочая влажность проб – исходная; класс крупности исследуемых проб – менее 0,2 мм; масса навески проб – 30 г; время воздействия излучения: торф – 12 мин (ограничено временем вспышки исследуемых проб), бурый и каменный угли – 22,5 мин.

Процесс обработки проб твердых горючих ископаемых электромагнитным микроволновым излучением осуществлялся в микроволновой установке (рис.). Емкость 4 с навеской твердого горючего ископаемого помещалась в микроволновую установку 1 на подставку из жаропрочного стекла 3, расположенную на крутящемся поддоне 2. Образующаяся в процессе нагрева твердого топлива парогазовая

смесь отводилась через магистраль 5. После облучения полученная проба пересыпалась в бюкс, которая при комнатной температуре остывала и помещалась в эксикатор. Далее фиксировались следующие показатели [6-9]: адсорбционная активность по йоду (I, %); выход продукта после воздействия излучения (A, %); выход продукта после воздействия излучения (A, %); температура нагрева твердого топлива (T, °C); качественные характеристики полученных продуктов после воздействия излучения: рабочая влажность (W^r , %), зольность на сухую массу (A^d , %), выход летучих веществ на сухую беззольную массу (V^{daf} , %). Полученные экспериментальные данные, а также данные по исходному сырью, представлены в таблице.

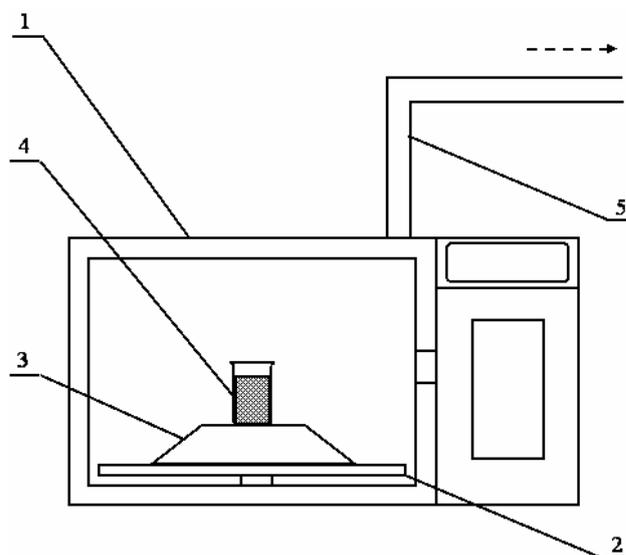


Рис. Микроволновая установка для обработки твердых горючих ископаемых: -----→ направление движения отходящих газов

Таблица. Результаты экспериментов по воздействию электромагнитного микроволнового излучения на твердые горючие ископаемые

Сырье	Время воздействия излучения, мин	Параметры					
		I, %	A, %	T, °C	W^r , %	A^d , %	V^{daf} , %
торф	0	11,4	100,0	22,4	4,8	44,4	79,2
	12	19,1	61,2	450,0	0,0	59,0	42,2
бурый уголь	0	18,0	100,0	22,4	9,3	19,7	50,9
	22,5	34,9	71,4	315,0	0,0	24,4	36,6
каменный уголь (марка 2СС)	0	7,6	100,0	22,4	0,6	5,7	18,9
	22,5	7,3	98,5	155,0	0,5	5,6	18,3
уаменный уголь (марка КЖ)	0	11,7	100,0	22,4	0,8	14,9	24,3
	22,5	13,4	97,6	155,0	0,4	15,0	24,2

Результаты проведенных экспериментов показали, что эффект от воздействия излучения на твердые горючие ископаемые заключается в изменении их качественных и количественных показателей. Из приведенной таблицы видно, что воздействие электромагнитного микроволнового излучения приводит к разогреву всех испытываемых материалов. При этом скорость разогрева для твердых топлив различна и составляет: для торфа 37,5°C/мин, для бурого угля 11,4°C/мин, для каменного угля 6,9°C/мин. То есть, электромагнитное микроволновое излучение воздействует на все исследуемые материалы, но с разной интенсивностью.

Температура нагрева торфа в результате воздействия электромагнитного микроволнового излучения достигла 450°C. При данной температуре в торфе интенсивно протекают пиролизические процессы, в результате которых изменилась его адсорбционная активность по йоду (увеличилась до 19,1%), рабочая влага и выход летучих веществ (уменьшились соответственно до 0% и 42,2%). Масса пробы уменьшилась почти на 40%, при этом зольность увеличилась с 44,4% до 59,0%. Согласно полученным экспериментальным данным температура нагрева каменных углей составила 155°C. Этой температуры недостаточно для преобразования структуры каменного угля, что подтверждается незначительными изменениями его качественных и количественных показателей.

Температура нагрева проб бурого угля достигла 315°C. В результате процесса пиролиза органической массы бурого угля его адсорбционная активность по йоду выросла до 34,9%, масса навески уменьшилась почти на 30%, зольность увеличилась до 24,4%, а выход летучих веществ уменьшился до 36,6%. В работе [10] за основу эффективного воздействия электромагнитного микроволнового излучения на твердые горючие ископаемые принят показатель полярности их органической массы. Авторы [11] утверждают, что чем полярнее молекула, тем интенсивнее она поглощает электромагнитное микроволновое излучение. В работе [12] был произведен расчет данного показателя для твердых горючих ископаемых ряда углефикации. В результате было установлено, что величина полярности молекул органической массы твердых топлив уменьшается от торфа к антрацитам. На основании этого в работе [10] сделан вывод о том, что наиболее эффективно электромагнитное микроволновое излучение будет воздействовать на торф и бурый уголь.

Выводы:

1. При заданных условиях проведения экспериментов область эффективного использования электромагнитного микроволнового излучения ограничена двумя видами исследуемых топлив – торф (Нерюнгринский район) и бурый уголь марки 2Б (Кангаласское месторождение). У данных горючих ископаемых в результате воздействия излучения существенно меняются показатели качества: влажность, зольность, выход летучих веществ, а также сорбционные свойства. Причем наиболее значительно изменилась адсорбционная активность по йоду у бурых углей, а у торфа наблюдается лишь положительная динамика ее роста. Каменный уголь в силу своих физико-химических свойств в наименьшей степени аккумулирует энергию излучения в исследуемом интервале времени воздействия. Об этом свидетельствует температура нагрева проб, недостаточная для инициации преобразований структуры каменного угля и незначительные изменения его качественных показателей.

2. Скорость нагрева сырья (°C/мин) в результате воздействия излучения уменьшается от торфа к каменным углям. Это объясняется тем, что у торфа количество полярных молекул, отвечающих за поглощение и преобразование электромагнитной энергии в тепло, значительно больше, чем у каменных углей.

3. Установлено, что электромагнитное микроволновое излучение изменяет структуру и свойства твердых топлив ряда углефикации, причем наиболее существенно у твердых топлив с низким содержанием углерода – торфа и бурого угля. Это является косвенным подтверждением теоретических выводов, сделанных в работе [10] об особенностях воздействия электромагнитного микроволнового излучения на твердые горючие ископаемые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Исламов, С.Р.* Глубокая переработка угля: выбор технологии / *С.Р. Исламов, С.Г. Степанов, В.Н. Кочетков* // Сибирский уголь в XXI веке. С. 38-43.
2. *Федосеев, А.С.* Модификация активного угля марки БАУ и СКТ-6А с целью получения сорбента для гемосорбции // Химия твердого топлива. 1982. №6. С. 133.
3. *Рахманкулов, Д.Л.* Микроволновое излучение и интенсификация химических процессов / *Д.Л. Рахманкулов, И.Х. Бикбулатов, Н.С. Шулаев, С.Ю. Шавишуква.* – М.: Химия, 2003. 220 с.
4. *Фельдман, Н.Я.* Особенности проведения термических процессов в СВЧ-электромагнитном поле // Современная электроника. 2009. №5. С. 64-67.
5. *Тайц, Е.М.* Методы анализа и испытания углей / *Е.М. Тайц, А.И. Андреева.* – М.: Недра, 1983. 301 с.

6. ГОСТ 6217-74. Уголь активный древесный дробленый. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1976. 11 с.
7. ГОСТ 27314-91 (ИСО 589-81). Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги. – М.: Изд-во стандартов, 1992. 5 с.
8. ГОСТ 11022-95 (ИСО 1171-97). Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности. – М.: Изд-во стандартов, 1995. 5 с.
9. ГОСТ 6382-2001 (ИСО 562-98, ИСО 5071-1-97). Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ. – М.: Изд-во стандартов, 2001. 9 с.
10. *Данилов, О.С.* Микроволновая обработка твердых горючих ископаемых / *О.С. Данилов, В.А. Михеев, Т.В. Москаленко* // Горный информ.-аналит. бюллетень. 2010. №3. С. 203-208.
11. *Singh, Kedar Prasad.* Влияние атомного отношения О/С и гелиевой плотности на эффективность микроволнового обессеривания и корреляции для его прогнозирования. Effect of atomic (O/C) ratio and helium density on microwave desulphurization efficiencies and correlations for their predictions / *Kedar Prasad Singh, Mohan Chandra Kakati* // Res. and Ind. 1994. № 3. С. 198-201.
12. *Леонов, А.М.* Поляризация твердых видов топлива / *А.М. Леонов, Т.В. Москаленко, Г.И. Петрова* и др. // Горный информ.-аналит. бюллетень. 2010. №6. С. 387-391.

RESEARCH OF ELECTROMAGNETIC MICROWAVE RADIATION INFLUENCE ON THE SOLID FUELS

© 2011 O.S. Danilov, V.A. Mikheyev, T.V. Moskalenko

Institute of Mining of the North named after N.V. Cherskiy SB RAS, Yakutsk

In article results of experiments on influence of electromagnetic microwave radiation on solid combustible minerals are resulted. It is established that at radiation influence there is a change of structure and properties investigated solid fuels. Most effectively radiation influences on solid combustible minerals with low maintenance of carbon – peat and brown coal.

Key words: *peat, coal, electromagnetic microwave radiation, properties of solid combustible minerals*

Oleg Danilov, Research Fellow at the Laboratory of Complex Use of Coals

Valeriy Mikheev, Candidate of Technical Sciences, Chief of the Laboratory of Complex Use of Coals

Tatiana Moskalenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow at the Laboratory of Complex Use of Coals.

E-mail: labkiy@mail.ru