

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 662.73:552

С.А. Семёнова, Н.И. Фёдорова, З.Р. Исмагилов, С.П. Субботин

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕЙ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МОНГОЛИИ

Главную роль в обеспечении энергией всех отраслей экономики играют топливные ресурсы, основными из которых являются угольные, так как их запасы многократно превышают запасы нефти и газа.

Монголия располагает крупнейшими ресурсами бурых и каменных углей, общие геологические запасы которых составляют 175 млрд. т [1]. В настоящее время известно более 40 угольных месторождений, расположенных в 15 аймаках Монголии. Большинство месторождений мелкие и имеют местное значение.

К одним из крупных месторождений каменных углей относятся Хартарвагатайское, Нуурстхотгорское и Хушуутское. Геологические исследования данных месторождений начали осуществляться в 30-40-х годах прошлого века. Хартарвагатайское месторождение расположено в Убсунурском аймаке в 50 км к югу от г. Улаангом и относится к Хархийскому бассейну. Это месторождение представлено одним пластом мощностью 80-85 м и слоями толщиной 0,5-1,5 м. Разведанные запасы составляют около 20 млн. т. Нуурстхотгорское месторождение расположено в Убсунурском аймаке в 180 км к западу от г. Улаангом и также находится на территории Хархийского бассейна. Месторождение представлено 8 пластами мощностью 2-50 м; разведанные запасы около 143,3 млн. т. Хушуутское каменноугольное месторождение расположено в Кобдоском аймаке в 210 км к юго-востоку от г. Кобд. Месторождение относится к Монголо-Алтайскому бассейну и представлено 2 угольными пластами мощностью 15-35 м. Разведанные запасы составляют около 88 млн. т. Промышленная разработка всех указанных месторождений углей в целевые продукты в настоящее время не осуществляется, уголь потребляется местным населением [2, 3].

Следует отметить, что при достаточно значимых запасах твердых горючих ископаемых в Монголии, систематических исследований свойств каменных углей недостаточно и по имеющимся в литературе разрозненным сведениям невозможно получить их полную характеристику. Следовательно, необходимо проводить изучение химико-технологических свойств различного рода твердых горючих ископаемых Монголии для обоснования

вания современных рациональных направлений их использования.

В настоящей работе представлены результаты исследования состава и технологических свойств углей Хартарвагатайского, Нуурстхотгорского и Хушуутского месторождений Монголии. Образцы углей для исследований были предоставлены ТувИКОПР СО РАН (г. Кызыл).

Технический анализ углей проводили стандартными методами. Низкотемпературную экстракцию осуществляли спиртобензольной смесью (1:1) по методу Грефе в течение 6 ч. Золу для химического анализа получали медленным озолением аналитических проб углей в муфельной печи при температуре 850 °C в течение 3 ч. Состав органической массы углей определяли методами элементного анализа. Петрографический анализ выполняли на автоматизированном комплексе оценки марочного состава углей системы «SIAMS-620» (Россия). Подсчет микрокомпонентов производился автоматически при увеличении в отраженном свете – 300 раз.

Результаты технического анализа и элементный состав исследуемых образцов монгольских углей приведены в табл. 1 и 2. Из представленных результатов следует, что угли № 1 и 2 являются зольными (более 20 %) с выходом летучих веществ (V^{daf}), характерным для среднеметаморфизованных углей (20-30 %). Образец № 3 – мало-зольный (~ 6 %) с наименьшим значением V^{daf} (14 %).

Известно, что выход летучих веществ характеризует состав и химическое строение органической массы углей (ОМУ) и служит для оценки термической стабильности топлива. Чем выше выход летучих веществ, тем ниже устойчивость угля к нагреванию, а значит, тем легче и глубже протекают процессы разложения его ОМУ [4]. Следовательно, можно отметить, что наибольшей термической устойчивостью к нагреванию обладает образец угля № 3.

Содержание общей серы относится к числу важнейших показателей качества углей, так как от ее количества зачастую зависит выбор направления их использования. Аналитические данные показывают (табл. 1), что сера содержится во всех образцах исследованных углей, а по величине S_t^d их можно отнести к среднесернистым.

Одним из параметров качества углей, характеризующих их энергетическую ценность, является теплота сгорания. На основании элементного состава ОМУ по формуле Д.И. Менделеева [5] была рассчитана высшая теплота сгорания Q_s^{daf} , которая изменяется для разных образцов углей от 29 (№ 1) до 34 (№ 3) МДж/кг (табл. 1). С учетом влияния влажности и зольности углей теплота сгорания топлива Q_i^r составила, соответственно, 20 и 30 МДж/кг.

Наибольшим содержанием кислорода, и, как следствие, атомным отношением O/C характеризуется образец угля № 1. Распределение кислорода по функциональным группам (табл. 2) показывает, что наивысшие значения содержания идентифицируемых карбоксильных, фенольных и карбонильных групп также принадлежат углю месторождения Хартарвагатай, что свидетельствует о наименьшей химической зрелости данного угля.

Содержание битумов, извлекаемых из угольного вещества при помощи спирто-бензольной экстракции, закономерно уменьшается в ряду исследуемых углей от 4,1 % для образца № 1 до 1,4 % для № 3 (табл. 2).

По приведенным выше показателям согласно отечественным статистическим данным уголь № 1 Хартарвагатайского месторождения можно отнести к менее метаморфизованному, а образцы углей № 2 и № 3 Нуурстхотгорского и Хушуутского месторождений – к более высокометаморфизованным углям гумусовой природы.

Высказанное предположение подтверждается

данными петрографического анализа углей. Как видно из результатов, представленных в табл. 3, показатель отражения витринита R_o , характеризующий степень карбонизации угольного вещества, увеличивается в ряду исследуемых углей от 0,90 до 1,85, что согласуется с уменьшением их выхода летучих веществ (табл. 1) и атомных отношений H/C и O/C (табл. 2).

Основными петрографическими составляющими образцов углей № 2 и 3 являются витринит Vt (43-44 %) и инертинит I (41-47 %). При этом доля семивитринита Sv в образце № 3 вдвое выше, чем у образца № 2. По содержанию отощающих компонентов ΣOK (~ 50 %) данные угли являются фюзенизованными, и, следовательно, обладают низкими спекающими свойствами и не коксуются [4]. Наиболее витринизированным (77 %) среди исследуемых углей является образец № 1, доля витринита в котором в 3,3 раза выше, чем суммарное содержание других компонентов. Роль других компонентов – семивитринита и инертинита менее значительна.

Совокупность технологических параметров (показатель отражения витринита R_o , сумма отощающих компонентов ΣOK , выход летучих веществ V^{daf} , характер тигельного остатка) позволяет определить марочную принадлежность исследуемых углей месторождений Монголии. Согласно ГОСТ 25543-88, уголь № 1 Хартарвагатайского месторождения можно отнести к технологической марке Г (газовый), подгруппа 1ГВ (витринитовый), образец угля № 2 Нуурстхотгорского место-

Таблица 1. Характеристика качества углей месторождений Монголии

Код образца	Уголь, месторождение	Технический анализ, %				Теплота сгорания, МДж/кг	
		W^a	A^d	V^{daf}	S_t^d	высшая, Q_s^{daf}	низкая, Q_i^r
1	Хартарвагатайское	6,2	23,8	31,6	1,6	29,0	20,0
2	Нуурстхотгорское	2,1	20,8	23,6	1,6	33,2	25,0
3	Хушуутское	2,3	6,2	14,4	1,7	34,1	30,4

Таблица 2. Химический состав углей месторождений Монголии

Код образца	Элементный состав, % на daf			H/C	O/C	Функциональный состав, мг-экв/г ОМУ			Выход сп.-бенз. экст-рак-та, %
	C	H	O+N			COOH	OH	CO	
1	75,4	4,0	20,6	0,64	0,20	0,45	1,14	1,54	4,1
2	84,6	4,2	11,2	0,60	0,10	-	0,29	0,38	2,3
3	86,8	4,0	9,2	0,55	0,08	0,03	0,34	0,39	1,4

Таблица 3. Характеристика петрографического состава углей месторождений Монголии

Код образца	Петрографические параметры, %					Показатель отражения витринита R_o , %	Марка и группа угля согласно ГОСТ 25543-88
	Vt	Sv	I	Me	ΣOK		
1	77,0	8,0	14,7	0,3	20,1	0,90	Г, 1ГВ
2	44,0	7,8	46,9	1,3	52,7	1,16	СС, 3СС
3	42,9	15,2	40,7	1,2	51,4	1,85	Т, 1ТФ

Таблица 4. Химический состав проб золы исследованных углей (масс. %)

Код образца	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	I_0
1	82,1	14,4	1,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,8	0,2	0,03
2	76,2	5,3	16,5	0,4	0,6	0,2	0,2	0,2	0,4	0,22
3	60,4	27,9	4,3	0,8	1,2	0,7	0,7	3,6	0,4	0,12

рождения - к марке СС (слабоспекающийся), подгруппа ЗСС, а образец № 3 Хушуутского месторождения - к марке Т (тощий), подгруппа 1ТФ (фюзинитовый).

Комплексное использование твердых топлив, создание малоотходных и безотходных технологий их переработки, охрана окружающей среды обусловливают необходимость изучения неорганических компонентов, содержащихся в топливе. Химический состав золы – один из важнейших факторов, влияющих на плавкость золы и предопределяющих технологию сжигания углей, характер получающихся шлаков и зольных уносов, технологию их удаления и способы утилизации. Первая ступень решения множества задач, от экологических до технологических, - надежное количественное определение неорганических макроэлементов в углях и их золах.

Химический состав проб золы исследованных углей приведен в табл. 4. Видно, что содержание основных оксидов, составляющих минеральную часть углей, изменяется в достаточно широких пределах. Например, в золе образца угля № 2 содержится наибольшее количество оксида железа (16,5 %), а зола образцов угля № 1 и 3 в основном состоит из оксидов кремния и алюминия. Величина I_0 , рассчитанная по формуле: $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ [6], для всех

образцов углей меньше единицы, что указывает на низкую основность их золы. Образцы углей № 1 и 2 являются малоглиноземными, а № 3 можно отнести к среднеглиноземному виду ископаемых.

Таким образом, с использованием комплекса химических и физико-химических методов анализа охарактеризованы образцы углей некоторых месторождений Монголии. Установлено, что данные угли имеют разные стадии метаморфизма: от низкой у угля месторождения Хартарвагатай до высокой у угля месторождения Хушуут с изменением марочной принадлежности от газового до тощего. Все угли среднесернистые, среднезольные с низким показателем основности золы. Петрографический состав разнородный с большой долей витринизированных компонентов у угля месторождения Хартарвагатай. Исследованные образцы углей являются слабоспекающимися и по технологическим характеристикам могут быть рекомендованы для энергетического использования.

Работа выполнена в рамках интеграционного проекта СО РАН и МАН № 13 «Разработка научных основ энергосберегающих технологий глубокой переработки углей Монголии и Западной Сибири РФ методами активирующего химического и физического воздействия».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горная энциклопедия / Под ред. Козловского Е.В. и др. - М.: Сов. энциклопедия. Т.3. 1987. -560 с.
- B. Erdenetsogt et al. Mongolian coal-bearing basins: Geological settings, coal characteristics, distribution and resources // International Journal of Coal Geology, November 2009. V. 80. I. 2, 1. P. 87-104.
- Дангаа Оюунболд, Сыроежско А.М., Славошевская Н.В др. Комплексная переработка бурых углей Монголии и России с получением гуминовых препаратов, малозольных углеродных восстановителей и углебрикетов // Кокс и химия, 2010. №3. С. 26.
- Артемьев В.Б., Еремин И.В., Гагарин С.Г. Петрография углей и их эффективное использование. – М.: «Недра коммюникейшнс ЛТД», 2000. - 334 с.
- Тайц Е.М., Андреева И.А. Методы анализа и испытания углей. – М.: Недра, 1983. – 301 с.
- Улановский М.Л., Лихенко А.Н. Изменение минерального состава углей при обогащении и коксование // Кокс и химия, 2009. №6. - С. 13-20.

□ Авторы :статьи:

Семенова
Светлана Александровна,
канд. хим. наук,
доц. каф. химической тех-
нологии твердого топлива
и экологии КузГТУ,
e-mail: semight@mail.ru

Федорова
Наталья Ивановна,
канд. хим. наук, с.н.с. лаб.
катализа в углехимии Ин-
ститута углехимии и хи-
мического материаловеде-
ния СО РАН, e-mail:
iuxm@yandex.ru

Исмагилов
Зинфер Ришатович,
докт.хим.наук, проф.,
директор Института угле-
химии и химического ма-
териаловедения СО РАН,
e-mail: iuxm@yandex.ru

Субботин
Сергей Павлович,
канд. экон. наук,
зав. каф. химической тех-
нологии твердого топлива
и экологии КузГТУ,
тел. 39-63-08