

УДК 662.642:621.18:621.311.22

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШИВЭ–ОВОО МОНГОЛИИ КАК ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Заворин Александр Сергеевич,

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой парогенераторостроения
и парогенераторных установок Энергетического института ТПУ,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: zavorin@tpu.ru

Долгих Александр Юрьевич,

ст. преподаватель кафедры парогенераторостроения и парогенераторных
установок Энергетического института ТПУ,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: ShuraD@tpu.ru

Саломатов Владимир Васильевич,

д-р техн. наук, профессор, глав. науч. сотр. Института теплофизики СО РАН,
Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 1.
E-mail: vvs@itp.nsc.ru

Батмунх Сэрээтэр,

д-р техн. наук, профессор, академик АН Монголии, директор Института
теплотехники и промышленной экологии АНМ, заведующий кафедрой
тепловых электрических станций Монгольского государственного
университета науки и технологии, Монголия, 210646, г. Улан-Батор,
район Сухэ-Батор, Бага Тойру, 34. E-mail: batmunkh_acad@yahoo.com

Энхжаргал Халтарын,

д-р техн. наук, профессор, проректор Монгольского государственного
университета науки и технологии, Монголия, 210646, г. Улан-Батор,
район Сухэ-Батор, Бага Тойру, 34. E-mail: enkhjargal@must.edu.mn

Ценовая нагрузка на потребителей энергетических услуг Дальневосточного федерального округа, которая существенно выше среднероссийской и определяется в значительной мере транспортной составляющей в стоимости привозного твердого топлива, актуализирует рассмотрение инженерно-технических вопросов замещения в топливно-энергетическом балансе региона источников снабжения энергоресурсами за счет угольных месторождений, более близких географически. Для принятия решения об использовании угля как энергетического топлива необходима исчерпывающая информация о комплексе его свойств, прежде всего о теплотехнических характеристиках. С этой целью выполнены исследования товарных партий угля месторождения Шивэ-Овоо в полном соответствии со стандартизированными российскими методиками. Сравнение с показателями качества освоенных и широко используемых в российской теплоэнергетике углей подтверждает в целом благоприятные для энергетического использования оценки теплотехнических свойств шивэ-овооского угля, который по совокупности полученных результатов исследований классифицируется как бурый, среднесернистый, с невысокой зольностью и большим выходом летучих веществ.

Ключевые слова:

Региональная энергетика, топливный баланс, топливно-энергетический комплекс, бурый уголь, теплотехнические характеристики, показатели качества топлива.

Несмотря на реализуемую в Дальневосточном федеральном округе масштабную Восточную газовую программу, уголь остается традиционно доминирующим видом топлива. Ежегодная потребность Дальнего Востока оценивается примерно в 30 млн т угля, что составляет в структуре топливного баланса всего региона значительную долю – на уровне 60 % [1, 2]. Доля твердого топлива в энергетическом балансе тепловых электрических станций (ТЭС), на которые приходится 75 % генерирующих мощностей региона, еще выше и достигает до 70 % [1]. Особо следует отметить тот факт, что более 20 % потребляемых федеральным окру-

гом твердых энергоресурсов ввозится извне, с угольных месторождений Кузнецкого и Канско-Ачинского бассейнов, т. е. с территорией Западной и Восточной Сибири [1]. Хотя Дальний Восток является обладателем, по разным источникам, от 25 до 40 % учтенных запасов различных марок углей на территории России, категория промышленных запасов, освоенных и находящихся на балансе угледобывающих предприятий региона, составляет всего около 10,6 % от общих запасов страны [1–3]. Объясняется данное состояние и различия публикуемых данных отчасти тем, что изученность минерально-сырьевой базы региона

по угольным залежаниям оценивается специалистами довольно низко – примерно от 2 до 9 % [1, 2]. Другой особенностью дальневосточной территории является наличие всего двух мощных угольных бассейнов, на которые приходится около 70 % всей добычи – на юге республики Саха-Якутия (Ленский бассейн) и в Приморском крае [1, 2, 4]. Остальные месторождения сравнительно небольшие и разбросаны по всей обширной территории региона. При этом Ленский бассейн сильно удален от потребителей географически, дальность доставки с месторождений Приморского края также является значительной [1–3].

Означенные проблемы напрямую влияют на конечную стоимость топлива и размер тарифов оплаты энергетических услуг. Транспортная составляющая на Дальнем Востоке в целом превышает 40 %, а, например, в Камчатском крае, Магаданской области и Чукотском автономном округе – 60 % [1, 4]. Особо остро это ощущается в Хабаровском крае, где самый большой объем ввозимых энергоносителей при высоких транспортных тарифах и растущих ценах на энергетическое сырье требует огромных финансовых и материальных затрат [4]. В результате ценовая нагрузка на потребителей электрической энергии в среднем по территории федерального округа в 1,7 раза выше среднероссийской, а тарифы на тепловую энергию выше средних по России в 2,2 раза [4]. Планируемый перевод многочисленных мазутных котельных Приморья на твердое топливо и программа по созданию замещающих их мощностей на Дальнем Востоке, в рамках которой должны быть построены или значительно расширены три ТЭЦ, работающие на угле (в Благовещенске, Уссурийске и Советской гавани), значительно увеличит потребность региона в твердых энергоресурсах и как следствие усугубит связанные с этим экономические задачи [4, 5].

Одним из путей снижения транспортной составляющей в стоимости твердого топлива можно рассматривать вариативность источников снабжения энергоресурсами за счет угольных месторождений, расположенных территориально значительно ближе к российскому Дальнему Востоку, чем месторождения Восточной Сибири.

Известно, что Монголия входит в число первых в мире стран по запасам твердых горючих ископаемых, располагая геологическими угольными запасами порядка 150...162 млрд т (при разведанных от 10 до 24 млрд т), которые содержатся в 140 известных месторождениях, различных как по классификации, так и по степени разведанности [6, 7]. В сопоставлении с запасами всего Дальневосточного федерального округа (по разным источникам, порядка 19 млрд т, из них промышленные запасы исчисляются примерно 1,9 млрд т [1–3]) это выглядит довольно перспективно как для экономической, так и для технической проработки. При этом учитывая жизненную необходимость для Монголии поставок российских электрических мощно-

стей [6], вариант расчета за электроэнергию углем и/или взаимозачет также стоит рассматривать как экономически достойный внимания. В качестве наиболее перспективного можно рассмотреть одно из крупнейших по запасам в Монголии угольное месторождение Шивэ-Овоо [6–8].

Шивэ-Овооское бурогольное месторождение, расположенное в Гоби-Сумберском аймаке (около 400 км от г. Улан-Батор), занимает второе место по объему и значению в Монголии, после Баганурского. Это геологически сравнительно молодое месторождение, средняя толщина угольного пласта – 50,4 м, геологические запасы – 2,7 млрд т, из них утвержденные производственные запасы – 564,1 млн т. Месторождение находится в пределах северо-восточного окончания Чойренской депрессии, обрамленной осадочными магматическими образованиями допалеозоя, палеозоя и мезозоя. В геологическом строении месторождения участвуют отложения Баян-Эрхэтинской и Тэвшийнской свит, а также Тэвшийнговской свиты, в пределах месторождения у которой выделяют 5 литологических горизонтов: подугленосный, нижнеугленосный, межугленосный, верхнеугленосный, надугленосный [6–8].

На месторождении Шивэ-Овоо были вскрыты и изучены два крупных угольных горизонта – верхний и нижний. Они имеют сравнительно простое строение, что определяет пригодность для добычи открытым способом. Подугленосный горизонт является самой нижней непродуктивной зоной Тэвшийнговской свиты. Он выходит на поверхность по окраинам депрессии, обрамляя широкую полосой вышележащие продуктивные отложения. Горизонт представлен чередованием зеленовато-серых алевролитов с серыми песчаниками. Средняя мощность его по керновым данным составляет 93 м. Нижнеугленосный горизонт выходит на поверхность с северной части Шивэ-Усского участка, а остальная часть перекрыта отложениями верхнего мела – кайнозоя. Средняя его мощность – 48 м. Межугленосный горизонт сложен преимущественно серыми и темно-серыми алевролитами. Средняя мощность горизонта составляет 57 м. Верхнеугленосный горизонт включает от 3 до 10 угольных пластов, разделенных пачками алевролитов и песчаников серого цвета. Средняя суммарная мощность отложений горизонта составляет 80 м. Надугленосный горизонт сложен песчаниками и алевролитами темного и серого цвета. Вскрытая мощность горизонта – 108 м, коэффициент вскрыши составляет – 2...3 м³/т [6–8].

Принятие решения об использовании угольной массы, извлекаемой из месторождения, как энергетического топлива для крупных действующих или планируемых ТЭС зависит от многих факторов, главными из которых являются теплотехнические свойства твердого топлива. Используемое котельное оборудование, системы подготовки топлива к сжиганию, оснащение топливно-транспортного хозяйства (машины, механизмы и

устройства), а главное – технологическая схема работы тепломеханической части проектируемой ТЭС создаются, рассчитываются и испытываются на использование (сжигание) топлива с четко определенными физико-химическими свойствами, являющимися показателями качества. Качество поставляемого на электростанции угля должно соответствовать действующим нормативным документам, т. е. государственным стандартам и техническим условиям, из чего вытекает необходимость правильного и точного определения марки, свойств и характеристик топлива, планируемого к использованию на ТЭС [9]. Теплотехнические характеристики топлива являются одной из важнейших групп свойств, влияющих на качество сжигаемого угля. Соответственно качество информации о них будет влиять на расчет технико-экономических показателей работы ТЭС и достоверность определения фактического удельного расхода топлива на выработку электроэнергии и тепла. Кроме того, все стандартизированные характеристики топлива оказывают большое влияние на работу основного и вспомогательного оборудования и в конечном итоге существенно влияют на величину прибыли, получаемой ТЭС.

Например, высокие показатели зольности на данном этапе указывают: на возникновение угрозы повышенного шлакования поверхностей нагрева котла, что повлечет за собой снижение его номинальной паропроизводительности; на значительный абразивный износ оборудования, что осложнит работу систем пылеприготовления и золо-шлакоудаления; на увеличение выбросов золы в атмосферу и количества золошлаковых остатков, удаляемых на золоотвалы, что, в свою очередь, приводит к повышению затрат ТЭС (платы за выбросы, за землю под золоотвалом и т. д.).

Значение влажности топлива оговаривается в договорах на поставку по следующим соображениям: повышение содержания влаги требует дополнительных затрат тепла на сушку пыли перед ее подачей в топку; беспрепятственное прохождение топлива по тракту топливоподачи зависит от сыпучести топлива, которая прежде всего напрямую зависит от влажности (при определенном значении влагосодержания топливо полностью теряет сыпучие свойства); влажность оказывает решающее влияние на склонность топлива к слеживанию и зависанию в бункерах, а также к забиванию пересыпных коробов в узлах пересыпки топливоподачи; от влажности зависит смерзаемость топлива при длительном пребывании на морозе в вагонах или на открытых складах.

От содержания легковозгоняющихся компонентов органической массы зависит выбор типа углеразмольного оборудования и горелочных устройств, а также объем мероприятий по обеспечению пожаро-взрывобезопасности. Выход летучих веществ оказывает влияние на устойчивость зажигания и горения топлива в топках котлов, в особенности при работе на сниженных нагрузках.

Содержание серы в топливе указывает на возможность возникновения коррозии поверхностей нагрева котлов в процессе эксплуатации основного оборудования ТЭС и потенциальную загазованность окружающей среды выбросами оксидов серы в составе продуктов сгорания (дымовых газов).

С целью оценки эксплуатационных свойств угля на лабораторной базе Энергетического института Томского политехнического университета продолжены комплексные исследования теплотехнических показателей товарных партий углей Шивэ-Овооского месторождения [10], сводные (усредненные) результаты которых представлены в табл. 1. Отбор, подготовка и исследование аналитических проб производились в полном соответствии со стандартизированными российскими методиками (ГОСТ 10742, ГОСТ 27314, ГОСТ 11014, ГОСТ 11022, ГОСТ 6382, ГОСТ 28743, ГОСТ 6389, ГОСТ 8606, ГОСТ 147).

В целом результаты разных этапов проведенных исследований показывают удовлетворительную сходимость, что согласно применявшимся стандартизированным методикам является достаточным показателем достоверности.

Содержание влаги в рабочем состоянии всех исследованных проб является значительным (в диапазоне от 28 до 40 %), но большая часть общей влаги (от 70 до 80 %) представлена внешней составляющей. Такая картина разделения на составляющие влажности, а также наблюдения за хранением угля в ходе проведения исследований позволяют предсказать благоприятную способность углей к осушению в естественных условиях (для примера, на открытых складах ТЭС).

Рабочая зольность всего массива исследованных проб попадает в узкий диапазон с пределами примерно от 7 до 9 %, что позволяет отнести угли месторождения, представленные данными товарными партиями, к группе малозольных.

Количество углерода в сухой беззольной массе угля преобладает и доходит до 77 %. Это, в свою очередь, определяет значительную величину теплоты сгорания сухой беззольной массы, достигающей более 26 МДж/кг. Наряду с низшей теплотой сгорания, которая для рабочей массы в среднем составляет 14,8 МДж/кг, все полученные характеристики теплотворной способности подтверждают перспективность данного месторождения в качестве источника энергетического топлива.

Другие компоненты элементного состава топлива содержатся в незначительном количестве, за исключением кислорода. Однако при этом следует обратить особое внимание на содержание серы, которое в рабочей массе топлива у отдельных проб достигает 0,9 % (отмечены фрагменты с содержанием серы более 1 %). В связи этим и учитывая влияние серы на все системы технологий топливосжигания, важно иметь представление о разновидностях группового состава сернистых соединений (табл. 2).

Хотя по содержанию серы и её разновидностей исследованные пробы заметно различаются, что указывает на неравномерность распределения сернистых соединений по угольному массиву месторождения, в целом уголь следует относить к группе среднесернистых. При этом основная доля содержащейся серы (от 75 до 99,9 %) представлена колчеданными и органическими соединениями.

Во всех пробах выявлено довольно высокое значение (в среднем на уровне 50 %) выхода летучих веществ. Это свидетельствует о том, что органическая часть угля состоит в основном из соединений,

легко разлагающихся на газообразные продукты при термическом воздействии, что характеризует уголь как высокорекреакционный.

Полноте картины при оценке с технических позиций перспективности использования углей как энергетического топлива и пригодности их для конкретных технологий сжигания способствует сравнение полученных результатов с известными данными о других, сходственных по отдельным признакам углях (табл. 3). В качестве таковых выбран ряд бурогоугольных месторождений, географически относящихся к рассматриваемому региону

Таблица 1. Состав и теплотворная способность угля

Наименование характеристики	Состояние (масса)	Обозначение	Код образца									
			I этап			II этап			III этап			
			1	1	2	3	1	2	3	4	5	
Влажность, %	Рабочее (рабочая)	W	40,50	33,30	29,80	31,20	29,25	28,56	28,06	28,30	28,01	
	Внешняя	W^{ext}	32,50	24,8	20,60	20,30	21,59	20,83	20,69	20,55	19,88	
Зольность, %	Сухое (сухая)	A^d	11,70	12,96	12,67	12,10	11,87	11,62	10,94	10,90	10,70	
	Рабочее (рабочая)	A^r	6,90	8,60	8,89	8,30	8,39	8,30	7,87	7,86	7,70	
Выход летучих веществ, %	Сухое беззольное (горючая)	V^{daf}	41,30	42,20	42,70	40,30	51,54	51,45	51,12	50,27	49,73	
Вид коксового остатка	—	—	порошкообразный									
Теплота сгорания высшая	МДж/кг (Ккал/кг)	Рабочее (рабочая)	Q_s^r	14,94	16,01	16,36	16,72	14,83	15,40	15,85	16,13	16,90
				3565,90	3820,90	3904,25	3990,45	3539,38	3675,42	3782,82	3849,64	4033,41
Теплота сгорания низшая	МДж/кг (Ккал/кг)	Рабочее (рабочая)	Q_i^r	13,51	14,69	15,11	15,61	13,81	14,39	14,80	15,11	15,88
				3225,30	3504,70	3605,80	3724,29	3295,94	3434,37	3532,22	3606,21	3789,76
	МДж/кг (Ккал/кг)	Сухое беззольное (горючая)	Q^{daf}	28,50	27,60	26,68	27,50	23,82	24,41	24,76	25,29	26,32
				6807,30	6584,90	6368,50	6566,25	5684,96	5825,77	5909,08	6035,80	6281,62
Элементный состав, %	Рабочее (рабочая)	C	32,92	39,04	39,80	41,49	47,25	48,87	49,16	49,27	49,76	
			H	2,63	2,33	2,36	2,47	3,13	3,19	3,00	2,94	3,02
			N	0,42	0,49	0,52	0,59	0,57	0,55	0,52	0,53	0,55
			S	0,52	0,60	0,63	0,64	0,91	0,56	0,34	0,45	0,32
			O	16,11	15,64	18,00	15,31	10,50	9,97	11,05	10,63	10,64
	Сухое беззольное (горючая)	C^{daf}	62,65	75,00	68,68	68,58	75,78	77,41	76,72	77,20	77,40	
			H^{daf}	5,01	4,48	4,07	4,08	5,02	5,05	4,68	4,61	4,70
			N^{daf}	0,80	0,94	0,90	0,98	0,92	0,87	0,82	0,83	0,86
			S^{daf}	0,99	1,16	1,08	1,05	1,45	0,89	0,53	0,71	0,49
			O^{daf}	30,55	18,42	25,27	25,31	16,83	15,78	17,25	16,65	16,55

Таблица 2. Групповой состав сернистых соединений

Наименование характеристики	Состояние (масса)	Обозначение	Код образца (этап)									
			I		II				III			
			1	1	2	4	6	7	8	9	10	
Разновидности серы, %: общая ($S_{общ}$), сульфатная (S_s), пиритная (колчеданная) (S_k), органическая ($S_{орг}$).	Рабочее (рабочая)	$S_{общ}^r$	0,52	0,60	0,63	0,59	0,78	0,39	1,77	0,37	0,28	
		S_s^r	0,12	0,12	0,16	0,15	0,18	<0,01	0,10	0,02	0,03	
		S_k^r	0,17	0,20	0,19	0,20	0,31	0,29	1,19	0,10	0,09	
		$S_{орг}^r$	0,23	0,28	0,28	0,24	0,29	0,10	0,48	0,25	0,16	
	Сухое беззольное (горючая)	$S_{общ}^{daf}$	1,03	1,00	1,04	0,98	1,25	0,61	2,75	0,59	0,44	
		S_s^{daf}	0,23	0,21	0,26	0,25	0,29	<0,01	0,16	0,04	0,05	
		S_k^{daf}	0,35	0,32	0,31	0,33	0,49	0,46	1,84	0,16	0,14	
		$S_{орг}^{daf}$	0,45	0,47	0,47	0,40	0,47	0,15	0,75	0,39	0,25	

Таблица 3. Характеристики шивэ-овооского угля в сравнении с углями других бурогольных месторождений

Наименование характеристики рабочей массы	Обозначение	Шивэ-Овоо	Ирша-Бород.	Березовское	Баганурское	Азейское	Павловское	Таловское
Марка	–	2Б (3Б)	2Б	2Б	2Б	3Б	1Б	1Б, 2Б, 3Б
Влажность, %	W	28–40	33	33	30–35	25	41,5	29,4–59,6
Зольность сухой массы, %	A^d	12,3	5,9	5,7	12,5	6,8	33,5	24,62
Выход летучих веществ, %	V^{daf}	40,3–51,54	51,4	53,7	43,9	46,3	58,0	61,4
Элементный состав сухой, беззольной массы, %	C^{daf}	73,27	73,6	71,2	72,30	74,2	66,06	65,2
	H^{daf}	4,63	4,9	5,1	4,60	5,5	5,91	4,7
	N^{daf}	0,88	0,96	1,1	1,0	1,3	0,77	1,8
	S^{daf}	0,93	0,26	0,32	1,18	0,5	1,03	0,8
	Q^{daf}	20,3	20,28	22,28	20,92	19,0	26,22	27,5
Теплота сгорания низшей рабочей массы, МДж/кг	Q_f	14,82	15,28	15,66	14,6	15,99	9,13	9,13

или соседствующих с ним, а также тяготеющих по ареалу распространения поставок топлива [7, 11–13]: Березовское и Ирша-Бородинское Канско-Ачинского бассейна, наиболее масштабного используемые в российской энергетике; Баганурское, крупнейшее по запасам, по энергетическому и коммунальному использованию в Монголии; Азейское Иркутского бассейна и Павловское Приморского края, достаточно освоенные на ТЭС Дальневосточной генерации. Кроме того, к сравнительному анализу привлечены данные по относительно небольшому Таловскому месторождению (Томская область), которое не считается перспективным для прямого использования на ТЭС [14].

Можно видеть, что сравнение с бурыми углями других месторождений подтверждает сделанные выше в целом благоприятные для энергетического использования оценки теплотехнических свойств

шивэ-овооского угля, которые сопоставимы со свойствами освоенных и широко используемых в российской теплоэнергетике углей.

Некоторое исключение из этого ряда представляет собой элементный состав с более высоким содержанием серы, что, по-видимому, является одной из особенностей месторождений Монголии.

Выводы

1. Исследованиями товарных партий угля месторождения Шивэ-Овоо установлены теплотехнические характеристики, соответствующие условиям для энергетического использования.
2. По совокупности полученных теплотехнических характеристик уголь относится к классификационному типу бурых (марка 2Б, 3Б) и среднесернистых, отличается невысокой зольностью (до 13 % от сухой массы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садаринов И.В. Топливо-энергетический комплекс Дальнего Востока в системе ТЭК России. – М.: Изд-во МГТУ, 2006. – 294 с.
2. Минерально-сырьевая база угольной промышленности России: в 2 т. Т. 2. Регионы и бассейны / под ред. А.Е. Евтушенко, Ю.Н. Малышева. – М.: Изд-во МГТУ, 1999. – 445 с.
3. Минерально-сырьевая база угольной промышленности России: в 2 т. Т. 1. Состояние, динамика, развитие / под ред. А.Е. Евтушенко, Ю.Н. Малышева. – М.: Изд-во МГТУ, 1999. – 648 с.
4. Ишаев В.И. Топливо-энергетический комплекс: сдерживающий фактор экономического роста или основа модернизации экономики Дальнего Востока // ДЭП. 2013. URL: <http://dalenergy.ru/2010/12/11172> (дата обращения: 20.12.2013).
5. Клименко О. Энергетике Дальнего Востока, потратившейся на газификацию ключевых ТЭЦ, Путин потребовал подбросить угля // ZRPRESS.ru. 2013. URL: <http://zrpress.ru/zr/2013/37> (дата обращения: 20.12.2013).
6. Энхжаргал Х. Разработка научных основ создания экологически чистой угольной ТЭС на принципе мультикомплекса, обеспечивающей интеграцию электроэнергетической системы Монголии: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Иркутск, 2012. – 40 с.
7. Страхов В.М., Масгутов И.И. Угли Монголии и инфраструктура отрасли // Кокс и химия. – 2012. – № 4. – С. 46–51.
8. Батхуяг С., Нуурей Б., Энхжаргал Х. О возможностях расширения энергетического сотрудничества Монголии со странами Северо-Восточной Азии // Объединенный симпозиум 2010 – Энергетические связи между Россией и Восточной Азией: стратегия разви-

тия в XXI веке. 2010. URL: <http://www.sei.irk.ru/symp2010/papers/RUS/P2-04r.pdf> (дата обращения: 20.01.2011).

9. Пособие для изучения «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей». Тепломеханическая часть. – М.: Изд-во Энас, 2012. – 416 с.
10. Некоторые результаты исследования угля Шивэ-Овооского месторождения Монголии с целью его энергетического использования / Х. Энхжаргал, С. Батмунх, А.С. Заворин, В.В. Саломатов, А.Ю. Долгих // Энергетика и теплотехника: Сб. научных трудов / под ред. акад. РАН В.Е. Накорякова. Вып. 14. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – С. 125–132.
11. Комплексная переработка бурых углей Монголии и России с получением гуминовых препаратов, малозольных углеродных восстановителей и углебрикетов / Д. Оюунболд, А.М. Сыроежко, Н.В. Славошевская, В.М. Страхов // Кокс и химия. – 2010. – № 3. – С. 26–31.
12. Битумы бурых углей некоторых месторождений Монголии и России / Д. Оюунболд, А.М. Сыроежко, Н.В. Славошевская, В.М. Страхов // Кокс и химия. – 2010. – № 2. – С. 32–38.
13. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). – СПб.: НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
14. Теплотехнические свойства углей Таловского месторождения Томской области / А.С. Заворин, С.К. Карякин, С.Г. Маслов, В.И. Николаева, С.Х. Сиразитдинова, О.А. Ласовская // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т. 305. – № 2. – С. 131–136.

Поступила 20.12.2013 г.

UDC 662.642:621.18:621.311.22

COMBUSTION CHARACTERISTICS OF SHIWEI-OVOO COAL DEPOSITS IN MONGOLIA FOR ENERGY CONSUMPTION

Aleksandr S. Zavorin,

Dr. Sc., Tomsk Polytechnic University, Russia, 634050, Tomsk, Lenin avenue, 30.

E-mail: zavorin@tpu.ru

Aleksandr Yu. Dolgikh,

Tomsk Polytechnic University, Russia, 634050, Tomsk, Lenin avenue, 30.

E-mail: ShuraD@tpu.ru

Vladimir V. Salomatov,

Dr. Sc., Institute of Heat Physics, SB RAS,

Russia, 630090, Novosibirsk, Academician Lavrentyev avenue, 1.

E-mail: vvs@itp.nsc.ru

Sereeter Batmunkh,

Dr. Sc., Mongolian University of Science and Technology,

Mongolia, 210646, Ulaanbaatar, Sukhbaatar District, Baga Toiruu, 34.

E-mail: batmunkh_acad@yahoo.com

Khaltaryn Enkhzhargal,

Dr. Sc., Mongolian University of Science and Technology,

Mongolia, 210646, Ulaanbaatar, Sukhbaatar District, Baga Toiruu, 34.

E-mail: enkhjargal@must.edu.mn

Pricing pressure on energy consumers of the Far Eastern Federal District is significantly higher than the national average one and it is determined to a great extent by transport cost of solid fuel import. That's why consideration of engineering issues of substitution of the region's energy supply sources with the nearest coal fields is important. For making a decision of using coal as energy fuel required comprehensive information about it: complex of its properties, such as thermal characteristics. For this purpose the authors have investigated Shiwei-Ovoo coal consignments using standardized Russian methods. The comparison of the results with quality indicators of coals widely used in the Russian thermal power confirms Shiwei-Ovoo coal as generally favorable for energy use. Thermal properties of Shiwei-Ovoo coal were estimated. It is classified as lignite with high yield of volatiles, medium sulfur and low ash content.

Key words:

Regional power, fuel balance, fuel and energy complex, lignite, thermal performance, quality indicators of the fuel.

REFERENCES

1. Sadardinov I.V. *Toplivno-energeticheskiy kompleks Dalnego Vostoka v sisteme TEK Rossii* [Fuel and energy complex of the Far East in the system of FEC of Russia]. Moscow, MGGU Publ., 2006. 294 p.
2. *Mineralno-syrevaya baza ugolnoy promyshlennosti Rossii. Regiony i bassejny* [Mineral reserve base of coal industry in Russia. Regions and bassins]. Ed. by A.E. Evtushenko, Yu.N. Malysheva. Moscow, MGGU Publ., 1999. Vol. 2, 445 p.
3. *Mineralno-syrevaya baza ugolnoy promyshlennosti Rossii. Sostoyaniye, dinamika, razvitiye* [Mineral reserve base of coal industry in Russia. State, dynamics, development]. Ed. by A.E. Evtushenko, Yu.N. Malysheva. Moscow, MGGU Publ., 1999. Vol. 1, 648 p.
4. Ishaev V.I. Toplivno-energeticheskiy kompleks: sderzhivayushchiy faktor ekonomicheskogo rosta ili osnova modernizatsii ekonomiki Dalnego Vostoka [Fuel and energy complex: constraining factor of economical growth or the base of modernization of the Far East economy]. *DEP*. 2013. Available at: <http://dalenergy.ru/2010/12/11172> (accessed 20 December 2013).
5. Klimenko O. Energetike Dalnego Vostoka, potrativsheysya na gazifikatsyu klyuchevykh TEC, Putin potreboval podbroisit uglya [Putin required to pile coal to the power economy of the Far East paying much for the main FEC gasification]. *ZRPRESS.ru*. 2013. Available at: <http://zrpress.ru/zr/2013/37> (accessed 20 December 2013).
6. Enkhzhargal Kh. *Razrabotka nauchnykh osnov sozdaniya ekologicheskoi chistoy ugolnoy TES na printsipe multikompleksa, obespechivayushchey integratsiyu elektroenergeticheskoy sistemy Mongolii. Avtoref. dis. dokt. tehn. nauk* [Development of scientific bases for establishing environmentally safe coal TPS on multi-complex principle supporting integration of power-engineering system of Mongolia. Dr. Diss. abstract]. Irkutsk, 2012. 40 p.
7. Strakhov V.M., Masgutov I.I. Ugli Mongolii i infrastruktura otrasli [Mongolian coals and regional infrastructure]. *Koks i khimiya*, 2012, no. 4, pp. 46–51.
8. Batkhuyag S., Nuurey B., Enkhzhargal Kh. O vozmozhnostyakh rasshireniya energeticheskogo sotrudnichestva Mongolii so stranami Severo-Vostochnoy Azii [Possibilities of increasing Mongolia power cooperation with countries of North East Asia]. *Obedinenny simpozium 2010 – Energeticheskie svyazi mezhdru Rossiyey i Vostochnoy Aziey: strategiya razvitiya v XXI veke* [Power relations of Russia and east Asia: development strategy in XXI century. Symposium]. 2010. Available at: <http://www.sei.irk.ru/symp2010/papers/RUS/P2-04r.pdf> (accessed 20.01.2011).

9. *Posobie dlya izucheniya «Pravil tekhnicheskoy ekspluatatsii elektricheskikh stantsiy i setey». Teplomekhanicheskaya chast* [Manual for studying the regulations of technical maintenance of electric stations and systems. Thermo mechanical part]. Moscow, Enas Publ., 2012. 416 p.
10. Enkhzhargal H., Batmunkh S., Zavorin A.S., Salomatov V.V., Dolgikh A.Yu. Nekotorye rezultaty issledovaniya uglya Shivye-Ovooskogo mestorozhdeniya Mongolii s tselyu ego energeticheskogo ispolzovaniya [Some results of studying coal of Shive-Ovoo deposit in Mongolia for its power application]. *Energetika i teplotekhnika* [Power engineering and heat engineering]. Ed. by academician of RAS V.E. Nakoryakov. Novosibirsk, NGTU Publ, 2009. Iss. 14, pp. 125–132.
11. Oyuunbold D., Syroezhko A.M., Slavoshevskaya N.V., Strakhov V.M. Kompleksnaya pererabotka burykh ugley Mongolii i Rossii s polucheniem guminovykh preparatov, malozolnykh uglerodnnykh vosstanoviteley i uglebriketov [Complex processing of lignite of Mongolia and Russia for obtaining humic products, low-ash carbon chemical reducers and coal briquettes]. *Koks i khimiya*, 2010, no. 3, pp. 26–31.
12. Oyuunbold D., Syroezhko A.M., Slavoshevskaya N.V., Strakhov V.M. Bitumy burykh ugley nekotorykh mestorozhdeniy Mongolii i Rossii [Bitumen of lignite of some deposits in Mongolia and Russia]. *Koks i khimiya*, 2010, no. 2, pp. 32–38.
13. *Teplovoy raschet kotelnykh agregatov (normativny metod)* [Thermal calculation of boiler units (standard technique)]. Saint Petersburg, NPO CKTI Publ., 1998. 256 p.
14. Zavorin A.S., Karyakin S.K., Maslov S.G., Nikolaeva V.I., Sirazitdinova S.Kh., Lasovskaya O.A. Teplotekhnicheskie svoystva ugley Talovskogo mestorozhdeniya Tomskoy oblasti [Thermal characteristics of coals of Talovskoe deposit in Tomsk region]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2002, vol. 305, no. 2, pp. 131–136.