

УДК 662.74

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕЙ ТУВЫ

Куликова М.П.

ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов» СО РАН, Кызыл,
e-mail: mpkulikova@mail.ru;

ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», Кызыл

Настоящая статья посвящена исследованию проблемы эффективного использования каменных углей Тувы с использованием прогрессивной механоактивационной технологии. Одной из основных задач научно-исследовательских работ в регионе является создание научно-технических обоснований инновационных технологических схем переработки угля, которые были бы эффективны для территорий, находящихся в условиях транспортной и энергетической изолированности. Перспективы создания новых и интенсификации существующих процессов переработки твердых топлив связывают с развитием и усовершенствованием методического обеспечения исследований, выявлением новых взаимосвязей состава, строения и реакционной способности, а также разработкой эффективных методов активации сырья перед его дальнейшей термохимической переработкой, позволяющих снижать энергетические затраты или получать ценную продукцию с заданными свойствами. Приведены данные о запасах и прогнозных ресурсах каменного угля Улуг-Хемского бассейна, марочном составе угля, особенностях химического состава угля, о параметрах загрязнения воздушного бассейна города продуктами неполного сгорания угля. Рассматриваются результаты термических исследований угля, процессов пиролиза и газификации угля; влияния механической активации на термическую деструкцию и реакционную способность угля. В качестве основных мер для решения проблемы эффективного использования углей предлагаются: расширение мощностей централизованной системы отопления при улучшении золоочистки; создание экологически чистых энергосберегающих технологий сжигания твердых топлив.

Ключевые слова: каменный уголь, марочный и химический состав угля, термическая деструкция, проблема эффективного использования угля, экологически чистые технологии сжигания угля

THE COMPLEX SOLUTION OF THE EFFECTIVE USE OF COAL TUVA

Kulikova M.P.

Tuvan Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS, Kyzyl, e-mail: mpkulikova@mail.ru;
Tuvan State University, Kyzyl

This article deals with the problem of the effective use of coals of Tuva using the progressive technology of the mechanical activation. One of the main tasks of the scientific research in the region is to provide scientific and technical studies of the innovative technological schemes of processing of coal, which would be effective in the territories under the conditions of transport and energy isolation. The prospects for the creation of new and intensifying existing processes processing of the solid fuels is associated with the development and improvement of methodological support of research, identifying the new relationships of the composition, the structure, and reactive ability, as well as the development of effective methods of activation of raw materials before further thermochemical processing, allowing to reduce the energy costs and gain valuable the products with the desired properties. The data on reserves and expected resources of coal Ulug-Khem basin grade composition of coal, on the parameters of air pollution in the city the products of incomplete combustion of coal. The results of the investigations of thermal coal pyrolysis processes, and coal gasification; the influence of mechanical activation on the thermal degradation and the reactive ability. The main measures to address the problem of the efficient use of coal are available: the capacity expansion of the centralized heating systems with improved the ash treatment; the creation of the environmentally friendly energy-efficient combustion technologies solid fuels.

Keywords: coal, chemical composition of coal, thermal degradation, the problem of efficient use of coal, clean coal technologies

Расширение использования угля в энергетическом балансе страны выдвигает задачи совершенствования существующих и создания новых экологически безопасных технологий его глубокой переработки. Из-за большого содержания летучих веществ и склонности к спеканию слоевое горение тувинских углей в котлоагрегатах сопровождается высоким химическим недожогом, что приводит к сильному загрязнению атмосферного воздуха продуктами неполного сгорания угля. Поэтому актуальна разработка и совершенствование комплексного реше-

ния проблемы эффективного использования углей Тувы с использованием прогрессивной механоактивационной технологии.

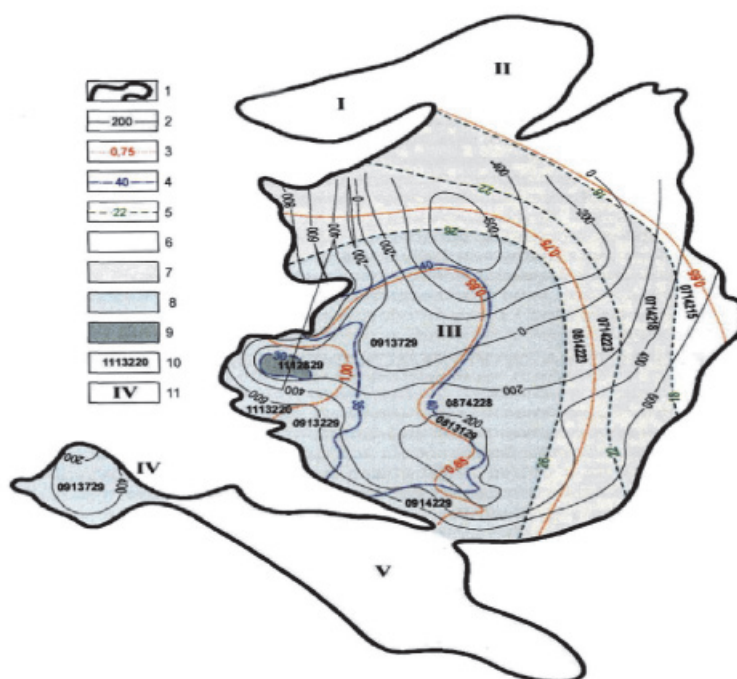
Основные запасы каменных углей сосредоточены в Улуг-Хемском угольном бассейне, общие ресурсы коксующихся углей оцениваются в 937 млн т. Суммарная площадь бассейна составляет порядка 2700 км². Оценены запасы угля в Каа-Хемском, Межегейском, Элегестском и Эрбекском месторождениях (табл. 1). Еще в пяти месторождениях бассейна угли изучены, оценены их запасы и прогнозные ресурсы [7].

Таблица 1

Запасы каменных углей, тыс. т

Месторождение, марка угля	Балансовые разведанные	Балансовые предварительно оценённые	Забалансовые	Коксующиеся
Каа-Хемское, Г, ГЖ	294230	3941	9373	212371
Элегестское, Ж	38500	–	–	38500
Межегейское, Ж	213471	–	53409	191334
Эрбекское, ГЖ	96634	–	522	77112
Восточная часть Улуг-Хемского бассейна, ГЖ	415367	–	–	415367
Чаданское, ГЖ	15167	–	–	2409
Чангыз-Хадынское, КСН	36999	12830	–	–
Всего по республике	1114066	16771	63304	937093

Примечание. Г – газовый уголь; ГЖ – газовый жирный; Ж – жирный; КСН – коксовый.



Марочный состав углей пласта Улуг:

- I – V – геологические структуры бассейна; I – выход пласта под наносы;
- 2 – изогипсы – линии равных высот подошвы пласта относительно уровня моря (м);
- 3 – изореспленды – линии равных значений отражательной способности витринита (R_v , %);
- 4 – изоволи – линии равных значений выхода летучих веществ (V^{daf} , %); 5 – линии равных толщин пластического слоя угля (γ , мм); 6–9 – марки углей (6 – газовый, 7 – газовый жирный, 8 – жирный, 9 – коксовый жирный)

Таблица 2

Характеристики угля

Месторождение, марка угля	Технический состав угля, %				Элементный состав угля на органическую массу, %				
	W^a	A^d	V^{daf}	S_t^d	C	H	N	O	S
Элегестское, Ж	0,6	10,8	39,8	0,52	87,22	5,61	1,04	5,53	0,60
Каа-Хемское, Г	1,2	9,0	48,6	0,17	83,63	5,70	1,19	9,29	0,19
Чаданское, Ж	1,0	8,6	32,8	0,34	88,20	5,70	1,50	4,20	0,40

Разработка Каа-Хемского и Чаданского месторождений ведётся открытым способом. На Элегестском месторождении начато опытно-промышленное освоение, на его восточном участке уголь добывают по технологии открытых горных работ, с применением комплекса глубинной разработки пласта. На рисунке представлен марочный состав углей пласта Улуг [8], в табл. 2 приведены характеристики угля.

Для каменных углей Улуг-Хемского бассейна в целом характерны низкие зольность и сернистость, высокие показатели спекаемости и содержания летучих компонентов, относительная чистота по тяжёлым металлам и токсичным элементам. Элементный состав органической массы углей отличается повышенным содержанием углерода и особенно водорода по сравнению с подобными углями других бассейнов. Особенности химического состава углей Каа-Хемского месторождения, используемых в г. Кызыл для отопления, в сочетании с низкой продуваемостью котловин, в которых размещается город, обуславливают загрязнение воздушного бассейна выбросами ТЭЦ, котельных и многочисленных индивидуальных печей частных домов. Ущерб, причиняемый угольной энергетикой окружающей среде, может быть сокращён за счёт перехода к использованию экологически более безопасных видов топлива угольного происхождения. Решение проблемы эффективного использования каменных углей возможно за счёт:

а) расширения мощностей централизованной системы отопления при улучшении золоочистки;

б) создания экологически чистых энергосберегающих технологий сжигания твердых топлив [1–4].

Исследованы физико-химические свойства углей, проведены исследования процессов пиролиза и газификации углей, особенностей процессов брикетирования углей, экстрагируемости углей. Для улуг-хемских углей характерна низкая температура перехода в пластическое состояние (примерно 290°C), широкий температурный интервал пластичности, высокий пока-

затель спекаемости, что определяет их хорошую сочетаемость в качестве спекающей основы в смесях с разными типами тощих углей. Для увеличения реакционной способности угля и выхода целевых продуктов проведены исследования влияния на эти показатели различных методов предварительной активации угля (физическая, механическая, механохимическая и химическая активации) [2, 3, 5, 6].

Качество углей Улуг-Хемского бассейна обуславливает создание здесь производственного комплекса полного цикла, начиная от угледобывающих предприятий и заканчивая предприятиями глубокой переработки угля. Тувинские угли марки Г и ГЖ газифицируются с высоким выходом газовых продуктов. Согласно прогнозным технико-экономическим показателям, производство метанола из угля Каа-Хемского месторождения было экономически выгодно, состав газов — основных компонентов для синтеза углеводородного сырья: CO_2 — 26,2 л/кг, CO — 22,1 л/кг, CH_4 — 138,4 л/кг, H_2 — 57,2 л/кг, C_2H_6 — 9,5 л/кг. Теплота сгорания — $Q \sim 32000$ КДж/кг; плотность газа — $\rho \sim 0,9$ кг/л. По селективности процесса гидрогенизация углей имеет благоприятные показатели (табл. 3), состав газа также имеет весьма благоприятные характеристики после отмывки от CO_2 [2, 3, 5, 6].

Уголь как сырьё для коксования должен обладать комплексом свойств, обеспечивающих производство кокса требуемого качества. К наиболее важным свойствам углей, характеризующим пригодность их для коксования, относятся следующие: спекаемость и коксуемость, выход летучих веществ, зольность, сернистость, содержание фосфора. Способность спекаться является одной из важнейших характеристик каменных углей, определяющих возможность получения из них кускового кокса, используемого в доменном, литейном и других производствах. На основании этих критериев определяется пригодность и ценность углей для коксования. Угли пласта 2.2-Улуг характеризуются высокой спекаемостью и хорошими коксуемыми свойствами,

Таблица 3

Данные по гидрогенизации углей Улуг-Хемского бассейна

Марка угля	Степень превращения органической массы угля, %				
	Расход H_2	Газ	Суммарные жидкие	Фракция	
				до 300°C	> 300°C
Ж	5,00	9,80	94,77	27,30	57,47
ГЖ	1,81	11,70	82,45	25,33	57,12
Г	1,74	10,60	79,81	28,05	50,83

они малозольные, малосернистые и малофосфористые. В Тувинском институте комплексного освоения природных ресурсов СО РАН создана экспериментальная установка по полукоксованию и газификации углей в кипящем слое. Уголь размером частиц $d = 0,2\text{--}2$ мм загружали в реактор полукоксования и нагревали в токе азота или аргона. Предварительно испаритель-парогенератор разогревали до $500\text{--}600^\circ\text{C}$, а реактор газификации – до 800°C . После разогрева реактора полукоксования до температуры $140\text{--}160^\circ\text{C}$ перегретым водяным паром уголь при подаче кислорода нагревали в реакторе со скоростью $8\text{--}10^\circ\text{C}/\text{мин}$ до температуры 600°C , после чего следовала изотермическая выдержка. Полный цикл термообработки углей с получением полукокса – нагрев, изотермическая выдержка, активация водяным паром в течение 30 мин при 800°C и охлаждением до 400°C в среде инертного газа – составлял 120 мин. Выход продуктов, % составлял: полукоксы – 66,3; смола – 7,2; вода – 4,1; газ – 22,4; плотность газа $0,9 \cdot 10^{-3}$ кг/м³. При промышленном полукоксовании, которое проводится в автотермическом режиме, для получения топливного газа с высокой теплотворной способностью необходимо использовать парокислородное дутье, при использовании паровоздушного дутья неизбежно разбавление газов полукоксования балластом – азотом [2, 3, 5, 6].

В ТувИКОПР СО РАН изучалась возможность получения по методу холодного формирования кокса и топливного брикета на основе шихты, содержащей полукоксы и уголь марки Г, ГЖ. После изготовления из шихты, содержащей полукоксы и уголь в соотношении 1:2,5–3, и последующей термообработки формовок в реакторе шахтного типа (газовая фаза – аргон, азот; время обработки 90–120 мин, температура 600°C) получен брикет, хорошо сохраняющий первоначальную форму; спекания слоя брикетов не наблюдалось.

В Тувинском институте комплексного освоения природных ресурсов СО РАН были просчитаны (2007 г.) следующие сценарии развития такого комплекса: на базе железнодорожного транспортирования угля, автомобильного транспортирования, с учетом глубокой переработки угля. Наиболее целесообразным был признан сценарий развития комплекса на базе железнодорожного транспортирования угля. По такому сценарию с государственно-частным партнерством предусматривается крупномасштабное освоение Элегестского месторождения с объемом добычи 12,5 млн т угля в год. Здесь планируется строительство железнодорожной линии Кызыл – Курагино длиной 467 км для доставки коксующегося концентрата внешним и внутренним потре-

бителям, строительство трёх шахт и двух обогатительных фабрик [2, 3].

Комплексная глубокая переработка каменных углей Тувы представляется более высокой технической ступенью производства топлива. Она хорошо согласуется с принципами экологически щадящей, социально приемлемой и застрахованной от кризисов энергетической политики и станет основой развития экономики и подъёма уровня жизни населения республики.

Список литературы

1. Копылов Н.И., Каминский Ю.Д., Куликова М.П. Пиролиз угля Тувинского месторождения // Химическая технология. – 2008. – Т.9, № 4. – С. 168–172.
2. Куликова М.П. Исследование физико-химических свойств улуг-хемских углей // Энергетик. – 2014. – № 8. – С. 24–29.
3. Куликова М.П., Балакина Г.Ф., Куулар В.В. Использование топливно-энергетических ресурсов в Туве // Проблемы энергетики. Известия высших учебных заведений. – 2011. – № 11–12. – С. 40–45. М.П. Куликова, Г.Ф. Балакина. Угли Улуг-Хемского бассейна // Lambert Academic Publishing. – Saarbrücken, Deutschland, 2012. – 121 с.
4. Куликова М.П., Балакина Г.Ф. Угли Улуг-Хемского бассейна // Lambert Academic Publishing. – Saarbrücken, Deutschland, 2012. – 121 с.
5. Куликова М.П., Лебедев В.И., Каминский Ю.Д., Котельников В.И. Энергохимическая переработка каменных углей Тывы – основа устойчивого развития республики // Химия в интересах устойчивого развития. – 2004. – № 12. – С. 541–554.
6. Куликова М.П. Исследование пиролиза каменного угля Каа-Хемского и Чаданского месторождений // Углекислотная и экология Кузбасса: материалы II Всероссийского симпозиума (Кемерово, 11–13 сент. 2012). – Кемерово, 2012. – С. 57.
7. Сводный отчетный баланс запасов угля по республике Тыва за 2001 г. – Кызыл: ТТФГИ, 2002.
8. Шибанов В.И., Яковлев И.Ю. Марочный состав углей пласта Улуг-Хемского бассейна // Химия твердого топлива. – 1989. – № 6. – С. 52–54.

References

1. Kopylov N.I., Kaminskiy Yu.D., Kulikova M.P. *Khimicheskay tehnologiya*, 2008, T. 9, no 4, pp. 168–172.
2. Kulikova M.P. *Energetik*, 2014, no. 8, pp. 24–29.
3. Kulikova M.P., Balakina G.F., Kuular V.V. *Problemy energetiki. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy*, 2011, no. 11–12, pp. 40–45.
4. Kulikova M.P., Balakina G.F. *Ugli Ulug-Khemskogo basseyna*. Saarbrücken, Deutschland, Lambert Academic Publishing, 2012, 121p.
5. Kulikova M.P., Lebedev V.I., Kaminskiy Yu.D., Kotelnikov V.I. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*, 2004, no 12, pp. 541–554.
6. Kulikova M.P. *Trudy II Vserossiyskogo Simpoziuma «Uglekhimiya i ekologiya Kuzbassa»* (Proc. II Vseros. Symp. «The coal chemistry and ecology in Kuzbass»). Kemerovo, 2012, pp. 57.
7. Svodnyy otchetnyy balans zapasov uglya po respublikе Tyva za 2001 g. Kyzyl: TTFGI, 2002.
8. Shibanov V., Yakovlev I.Yu. *Khimiya tverdogo topliva*, 1989, no. 6, pp. 52–54.

Рецензенты:

Кара-сал Б.К., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл;

Патраков Ю.Ф., д.х.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл.