

ЭНЕРГОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА КАМЕННЫХ УГЛЕЙ ТУВЫ - ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ

В.И. Котельников, В.И. Лебедев, Е.А.Рязанова, М.К. Соян, В.Я. Федянин

Рассмотрены вопросы энергохимической переработки каменных углей Республики Тувы. Описана установка пиролиза каменных углей, разработанная в ТувИКОПР СО РАН для снижения экологического давления на окружающую среду. Предложенная технология позволяет получать новые высокотехнологичные углеродные материалы.

Географическая автономия Тувы, и её ориентация на экономическое развитие предполагает реализацию программы планомерного перехода от сырьевого производства к созданию технологий получения конкурентной продукции из имеющегося сырья, в первую очередь обеспечивающего энергетическую независимость.

Каменные угли Тувы и продукты их переработки представляются наиболее реальными и надёжными энергоносителями в республике как в настоящее время, так и в достаточно протяжённый период в будущем, хотя при этом не следует исключать и другие источники энергии. Республика располагает большими запасами каменных углей (общие запасы и ресурсы, например, коксующихся углей оцениваются в 13,8 млрд. тонн).

Основное применение угля в настоящее время – энергетическое. Разработка месторождений ведётся открытым способом (разрезы «Каа-Хемский», «Чаданский»). Предварительная технологическая обработка угля в настоящее время отсутствует. Из-за большого содержания «летучих» (неконденсируемые газы, каменноугольная смола до 46-48%) и склонности к спеканию слоевое горение тувинских углей в котлоагрегатах сопровождается высоким химическим недожогом. Резко континентальный климат и географические условия – расположение населённых пунктов республики в котловинах, своеобразная «инверсионная крышка», препятствуют перемещению воздушных масс и очищению воздуха. В зимнее время, низкие температуры (-45°C) и отсутствие в этот период интенсивной циркуляции в приземном слое приводят к сильному загрязнению атмосферного воздуха продуктами неполного сгорания углей. По данным исследований НПО «Тайфун», концентрации загрязняющих веществ в зимний период в подавляющем большинстве районов города обуславливаются, в первую очередь, выбросами частного сектора. Опасность выбросов частных печей усугубляется ещё и тем, что многие загрязняющие веществ-

ва, как правило, сорбируются на поверхности сажевых частиц, являющихся респираторными. При этом концентрация канцерогенных ПАУ, сорбированных на поверхности частиц, составляет граммы на килограмм.

В исследованиях, выполненных НПО «Тайфун» по заказу Министерства экологии и охраны окружающей среды РТ и администрации г. Кызыл выявлено более 100 опасных для населения загрязняющих веществ, был оценен риск для здоровья населения. Всего частными печами выбрасывается 21 кг/км^2 в сутки полиароматических углеводородов (ПАУ), из них наиболее опасных в канцерогенном отношении $7,6 \text{ кг/км}^2$ в сутки. В частности, выбросы бензапирена составляют $0,07 \text{ мг/м}^3$, бензоантрацена - $0,04 \text{ мг/м}^3$.

Снижение вредных выбросов в атмосферу, охрана природы, рациональное использование энергетических ресурсов – одна из важнейших социальных и экономических проблем. Снижение ущерба окружающей среде от угольной энергетики может быть достигнуто путем перехода к использованию экологически более безопасных видов топлива угольного происхождения. Другая значимая для республики проблема, которую необходимо решать в настоящее время состоит во внедрении перспективных технологий по комплексной энергохимической переработке углей Тувы с тем, чтобы увеличить экономическую отдачу от применения угольного сырья.

В целом, для каменных углей Улуг-Хемского бассейна характерны: низкая зольность и малосернистость, высокие показатели спекаемости и содержания летучих компонентов, относительная чистота по тяжелым металлам и токсичным элементам. Изучение спекаемости и коксующести углей показало, что по ряду свойств и поведению в процессе пиролиза они отличаются от жирных углей других бассейнов. Для них характерна низкая температура перехода в пластическое состояние ($\sim 290^{\circ}\text{C}$), широкий температурный интервал пластичности, высокий показатель

ЭНЕРГОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА КАМЕННЫХ УГЛЕЙ ТУВЫ – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ

спекаемости. Тувинские угли в качестве сырья для химической промышленности, перспективы использования углей были изучены в работах [1-10].

С помощью анализа структурных параметров были охарактеризованы тонкие различия вещественного состава. Так фракция, характеризующаяся повышенным содержанием микрокомпонентов группы липтинита, отличается от других фракций наиболее высоким содержанием *C-H* групп (2920 см^{-1}), и соответственно наименьшим значением параметра D_{3040}/D_{2920} , характеризующего степень насыщенности в углях. Эта фракция содержит и меньше кислородсодержащих групп: *O-H*, *C=O*; *C-O* ($3660, 1690, 1260 \text{ см}^{-1}$). Легкие фракции V и IV, отличаются от фракций III и II более высоким содержанием *C-H* групп, содержат больше эфирных групп, но меньше свободных и связанных слабой водородной связью гидроксильных групп. Исследованные методом ЭПР пробы улухемского угля имеют низкое содержание неспаренных электронов, при этом существует отчетливая тенденция к снижению концентрации парамагнитных центров (ПМЦ) с уменьшением плотности фракций. Ширина сигнала и значение *g*-фактора практически не меняются. Структурные особенности этих углей сказываются и на динамике их разложения.

Комплексная энергохимическая переработка каменных углей Тувы представляется более высокой технической ступенью производства и согласуется с принципами экологически щадящей, социально-приемлемой и застрахованной от кризисов энергетической политики, которая предполагает оптимальное использование энергоресурса топлива путем предварительного извлечения из него всех ценных веществ с последующей газификацией или сжиганием углеродсодержащих остатков.

Для получения из каменного угля углеродных материалов с заданными свойствами используется реакция пиролиза. В результате пиролиза получают высокопористые материалы – коксы и полукоксы, используемые в металлургии, энергетике, а также как сорбенты и катализаторы. Летучие составляющие используются в углехимии.

Процесс образования углеродных материалов в процессе спекания тормозится различными факторами. У малометаморфизованных углей это вызвано развитием реакций конденсации вследствие присутствия значительного количества реакционноспособных кислородсодержащих групп, связанных водо-

родными связями. У таких углей следует разрушить водородные связи, используя нагревание и осуществляя его в восстановительной среде, чтобы воспрепятствовать дестабилизации структуры после нарушения межмолекулярного взаимодействия.

Одной из перспективных технологий, разработанных в ТувИКОПР СО РАН для снижения экологического давления на окружающую среду Республики Тыва, получения новых углеродных материалов, является установка пиролиза каменных углей.

Производимый продукт является высокотехнологичным и имеет технические параметры, соответствующие мировому уровню.

Установка (рис.1) состоит из узла подготовки каменного угля, из которого уголь подается в бункер. Далее каменный уголь посредством шнекового питателя подается в узел прогрева, где поддерживается температура, достаточная для ожигения угля. Здесь же происходит его низкотемпературный пиролиз. После разогрева полужидкая масса угля подается в формовочный узел, где формируется коксовый кусок и закрепляется его форма. Газообразные продукты пиролиза угля используются для его прогрева, за счет чего снижается себестоимость кокса и исключаются вредные выбросы в атмосферу. После формования коксовый кусок поступает в охладитель, где охлаждается водой и подается в упаковочный узел, а затем на склад. Установка разработана в модульном исполнении с целью снижения первичных затрат и обеспечения технологической гибкости. Излишки тепла могут быть использованы для обогрева производственных помещений комплекса или для продажи потребителям. В процессе разработки технологической линии, были проведены исследования процесса термолиза методом термогравиметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии. Исследования проводились на приборе фирмы Netzsch STA 409. Пробы угля выдерживались при температурах от 300° до 700°C с шагом 100 градусов. Исследования показали, что процесс газификации начинается в области 400°C и продолжается до $700-800^\circ\text{C}$.

В соответствии с полученными данными была изготовлена опытно-промышленная установка непрерывного термолиза каменных углей [11, 12].

Продукт, получаемый по данной технологии представляет собой углеродный материал с характеристиками, приведенными в табл. 1.

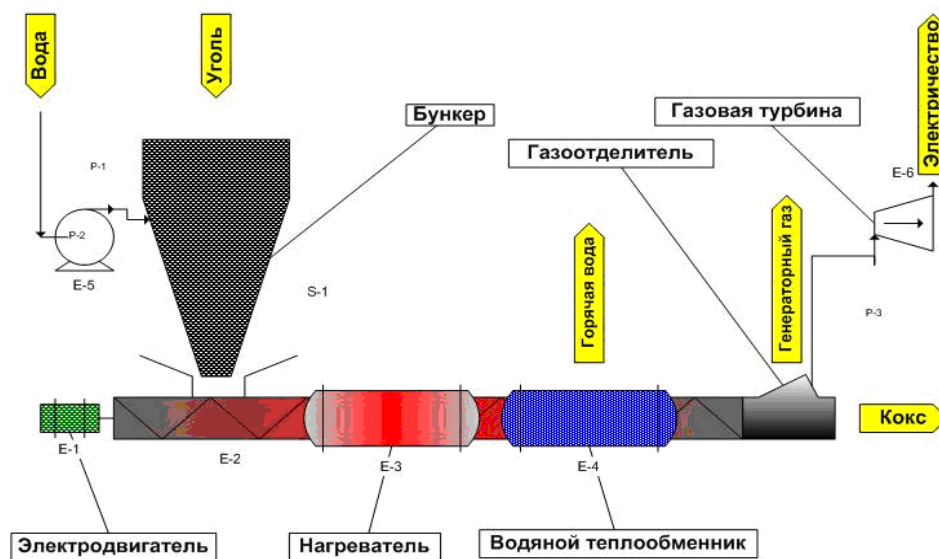


Рис.1. Схема установки пиролиза каменного угля

Таблица 1

Характеристики продукта пиролиза угля

Максимальные размеры кусков:	
Длина	0,1-10 см
Диаметр	0,1-6 см
Зольность, %, не более	16
Массовая доля общей влаги, %, не более	14,0
Механическая прочность, %, М 40, не менее	73
Массовая доля серы, %, не более	0,6
Массовая доля фосфора, %, не более	0,06
Выход летучих веществ при нагревании до 850С Без доступа воздуха, %, не более	1,2
Массовая доля углерода, %, не менее	95,5
Массовая доля водорода, %, не более	0,8
Массовая доля кислорода, %, не более	0,7
Массовая доля азота, %, не более	1,1
Доля пор 15-20 нм, %, не менее	50
Диапазон по удельному сопротивлению, Ом*см	28-100000

Образцы получаемого кокса приведены на рис. 2. Установка позволяет управлять процессом порообразования и получать наноматериалы с прогнозируемыми свойствами. На рис. 3 и 4 приведены снимки микроструктуры образцов полученных при различных параметрах процесса.

Важнейшее значение при разработке новых технологий имеет экономическая эффективность технологий. В процессе создания технологии была проведена оценка экономической эффективности и перспективности технологии. Каждый этап создания установки прорабатывался экономически, прово-

ЭНЕРГОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА КАМЕННЫХ УГЛЕЙ ТУВЫ – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ

дился прогноз стоимостных характеристик технологии при реализации каждого варианта конструкции, что позволило создать недорогую, высокоэффективную технологию с низкими эксплуатационными затратами.

Показатели эффективности технологической установки, рассчитанные по реальным показателям работы, приведены в табл. 2. Принятый период расчета интегральных экономических показателей – 36 мес.



Рис. 2. Полукокс, получаемый на установке пиролиза

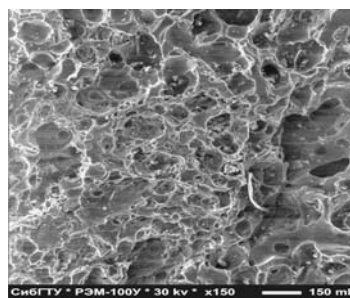


Рис. 3. Полукокс, полученный в реакторе без давления (увеличение 150)

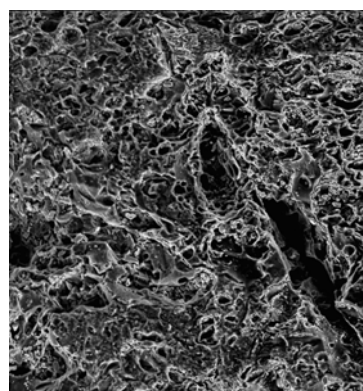


Рис. 4. Полукокс, полученный на установке пиролиза под давлением (увеличение 140)

Таблица 2

Эффективность инвестиций		
Показатель	Рубли	Доллар США
Ставка дисконтирования, %	12,00	5,00
Период окупаемости - РВ, мес.	28	28
Дисконтированный период окупаемости - DPВ, мес.	32	30
Средняя норма рентабельности - ARR, %	44,77	44,77
Чистый приведенный доход – NPV	379 88	28 45
Индекс прибыльности – PI	1,13	1,25
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	22,01	22,01
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR, %	16,34	12,84

ВЫВОДЫ

Приведенный новый подход к разработке технологии переработки каменного угля показал свою эффективность. Разработанная технология передана для использования в производстве новых материалов и экологически чистого топлива. Широкое использование этой технологии позволит укрепить экономику региона и повысит показатели его энергетической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. - № 5.- т. 12.-С. 541-554.

2. Семенов П.П. Тувинские угли как база коксо-химической промышленности Востока //Кокс и химия. - 1958.- №6. - С.10-11.

3. Лебедев В.И., Кужугет К.С. Минерально-сырьевой потенциал республики Тыва: возможности его использования в 1999-2001гг. и перспективы дальнейшего использования. - Кызыл.: Изд-во ТувИКОПР. - 1998. - с. 22-24.

4. Соднам Н.И., Щипко М.Л. и др. Характеристика каменного угля Каа-Хемского месторождения //ХТТ. - 1987. - №6. - С.12-14.

5. Соднам Н.И., Бондаренко О.Д. и др. Особенности термохимических превращений Каа-Хемского угля //ХТТ. - 1989.- №1. - С.22-28.

6. Щипко М.Л., Кузнецов Б.Н., Коновалов Н.М. Способ получения углеродного адсорбента. А.с. № 1344738.

7. Лебедев В.И., Котельников В.И. и др. Минерально-ресурсный потенциал Республики Тыва

В.И. КОТЕЛЬНИКОВ, В.И. ЛЕБЕДЕВ, Е.А. РЯЗАНОВА, М.К. СОЯН, В.Я. ФЕДЯНИН

и эффективные направления его использования до 2005 года // Состояние и освоение природных ресурсов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества. Науч. Тр. ТуВИКОПР СО РАН / Отв. Ред. Д.г.-м.н. В.И. Лебедев. – Кызыл, ТуВИКОПР СО РАН, 2000. – С. 75-81.

8. Котельников В.И., Куликова М.П. Энергетика Тувы в XXI веке //Россия и Тува. 60 лет вместе. Материалы науч.-практ. конф. (29.10.2003г., Кызыл).- Кызыл, 2003.

9. Лебедев В.И., Котельников В.И. и др. Стратегия развития угольной отрасли Республики Тыва // Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса в XXI в.: Материалы Международной конференции (11-15 окт. 2004 г. Москва – Бишкек). – М.: Изд-во РУДН, 2004. – С. 143-145.

10. Куликова М.П., Котельников В.И. и др. Перспективы развития угольной отрасли Республики Тыва // Новые технологии добычи и переработки природного сырья в условиях экологических ограничений: Материалы Всерос. науч.-техн. конф. -Улан-Удэ, 2004. -С. 106-109.

11. Лебедев В.И., Котельников В.И. и др. Установка непрерывного термолиза угля: технология и экономика // Приоритетные направления науки и техники, прорывные и критические технологии: "Энергетические, экологические и технологические

проблемы экономики": Материалы научно-практической конференции с международным участием 17-20 октября 2007 г. – Барнаул: Алтайский дом печати, 2007. - С. 10-12.

12. Дамбиев О.Ф., Котельников В.И. и др. Оценка эффективности освоения месторождений энергетических углей Тувы и перспективных технологий их переработки // II Сибирский энергетический конгресс, материалы, 19-21 февраля 2007 г. – Новосибирск.

13. Шибанов В.И. Обобщение результатов геолого-разведочных работ по Улуг-Хемскому угольному бассейну по состоянию на 01.01.93г. - Кызыл: ТТФГИ, 1994.

14. Сводный отчетный баланс запасов угля по республике Тыва за 2001 год. - Кызыл: ТТФГИ, 2002.

15. Габеев В.А. Оценка прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых республики Тыва по состоянию на 01.01.1998г. - Кызыл: ТТФГИ, 1998.

16. Лоскутова Е.Ж. Тувинские угли как сырье для химической промышленности // Ученые записки. - Вып.7. - 1959.- С. 210-212.