

*Осекова Г., Ташполотов Ы.*

**КҮРӨҢ КӨМҮРДҮ НАТЫЙЖАЛУУ ПАЙДАЛАНУУ БОЮНЧА КЫРГЫЗСТАНДА  
АЛАРДЫ КОМПЛЕКСТҮҮ КАЙРА ИШТЕТҮҮ**

*Осекова Г., Ташполотов Ы.*

**ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БУРЫХ УГЛЕЙ КЫРГЫЗСТАНА НА  
ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ**

*G. Osekova, Y. Tashpolotov*

**EFFECTIVE USE OF BROWN COAL FROM KYRGYZSTAN ON THE BASIS OF  
COMPLEX PROCESSING**

УДК: 662.74

*Бул макалада келечектүү энергия булагы катары көмүрдү иштетүүнүн технологияларын иштеп чыгуу маанилүү экендиги баяндалат. Кыргыз Республикасында көмүрдү отун катары жаңы колдонуу касиеттери менен иштетүүнүн жаңы технологияларын жаратуу Алай жана Кожокелен көмүр кендери боюнча илимий адабияттарды жана эксперименталдык илимий изилдөөлөрдү талдоо менен жана илимий-негизделген далилдүү фактылар аркылуу, бул көмүр кендеринин негизинде Кыргызстандын түштүгүндө курулуш тармагына керек болгон коксту жана Ош шаарынын калкы үчүн зарыл болгон кокс газын өндүрүү үчүн өнөр жайын куруу негизделген. Ошондой эле Ош ТЭЦтин базасында коксо-химиялык өндүрүш комплексин куруу маселелери каралууда.*

*В статье описывается возрастание значимости разработки технологий использования угля в качестве перспективного энергетического ресурса. Обосновывается, что в Кыргызской Республике создание новых технологий переработки углей в топлива с новыми потребительскими свойствами является стратегической задачей. Путем анализа научно-технической литературы и экспериментальных исследований углей Алайского и Кожокеленского месторождений делаются научно-обоснованные выводы о возможности использования углей юга Кыргызстана для получения кокса для строительной отрасли и коксового газа для потребления населением города Ош. Рассматриваются вопросы строительства коксохимического производственного комплекса на базе Ошского ТЭЦа.*

*The paper describes the increasing importance of the development of coal technologies as a promising energy resource. It is justified that the creation of new technologies for processing coal into fuels with new consumer properties in the Kyrgyz Republic is a strategic task. By analyzing the scientific and technical literature and experimental studies of the coals of the Alai and Cojokelen deposits, scientifically grounded conclusions are made about the possibility of using coal from the south of Kyrgyzstan to produce coke for the construction industry and coke oven gas for consumption by the population of the city of Osh. The questions of construction of coke-chemical production complex on the basis of Osh TPP are considered.*

**Введение**

Поступательное развитие мировой экономики и устойчивая тенденция к росту цен на нефтепродукты приводит к интенсивным поискам новых технологий переработки углей, разведанные запасы которых более чем в 20 раз превышают запасы нефти.

Поэтому в перспективе роль угля возрастает не только как бытовое и энергетическое топливо, но и как источник органического сырья для металлургической и химической промышленности, поскольку из угля путем переработки можно получить более 400 различных химических продуктов, стоимость которых, по сравнению, со стоимостью самого угля, возрастает в 20-25 раз [1-3]. Среди основных технологий переработки угля, наибольший интерес представляет комплексная его переработка. Поскольку, в последние годы, при переработке каменного угля из него в промышленных масштабах извлекают ванадий, германий, серу, галлий, молибден, цинк, свинец. Зола от сжигания углей, отходы добычи и переработки используются в производстве стройматериалов, керамики, огнеупорного сырья, глинозема, абразивов [1].

В настоящее время все процессы практического использования угля в основном связаны с его термической и термохимической обработкой, характером физико-химического и технологического процессов, которые зависят от состава и степени метаморфизма угля, условий их нагревания и скорости изменения температуры [1-3]. В промышленном и повседневном использовании углей распространены процессы сжигания и коксования углей. Коксование – промышленный метод переработки угля путем нагревания до 950-1050°C без доступа воздуха. Основными коксохимическими продуктами являются: коксовый газ, продукты переработки сырого бензола, каменноугольной смолы, аммиака [1-3].

В процессе коксования, кинетика физико-химических реакций, температурные интервалы фазовых переходов, количества летучих химических продуктов, образования твердых остатков и другие зависят от структуры, состава угля и условий их нагрева. Структурные элементы вещества угля связаны между собой ковалентными, ионными, координационными, и межмолекулярными (дисперсионными) силами. Такая модель строения вещества угля (внутримолекулярные и межмолекулярные взаимодействия) позволяет описать внутримолекулярные и надмолекулярные преобразования вещества угля в процессе термической деструкции [2,4-5].

При термической обработке угля (высокомолекулярных соединений) процессы взаимопре-

вращения происходит по свободно-радикальному механизму [4,5]. Это означает, что свободная валентность, которая образовалась в начальном акте термической деструкции, в ходе дальнейших преобразований может либо сохраниться в течение определенного времени, либо исчезнет. К исчезновению свободных валентностей приводят следующие три процесса:

1. При взаимодействии с веществом угля, происходит передача свободному радикалу и отнятия у него один электрон;

2. Свободный радикал взаимодействует с другим радикалом, согласно реакций рекомбинации или диспропорционирования.

3. Свободный радикал взаимодействует с материалом стенки реактора.

Наиболее вероятным итоговым актом, этих процессов, по-видимому, является изомеризация или распад. Исследованиями отдельных авторов установлено, что хорошо графитируется кокс тех углеродистых веществ, который при карбонизации проходит пластическую стадию в интервале температур 425-560 °С. Если в указанном интервале температур процесс карбонизации не сопровождается пластической стадией, то продукты карбонизации не графитируются.

Отметим, что чем более метаморфизирован уголь, тем меньше он теряет при нагреве газов и паров или летучих веществ. Изучение метаморфизма (наряду с коэффициентом Уайта) углей и выявление закономерностей его изменения позволяет определить основные их свойства. В начальном этапе изучения Кыргызских углей основным показателем определения класса метаморфизма (ГОСТ 21489-76) может служить выход летучих веществ, который одновременно является и показателем для определения марочного их состава. Поэтому выход летучих веществ можно рассматривать как косвенную характеристику степени метаморфизма угля. Летучие вещества являются наиболее реакционноспособной частью угольного вещества, а частично карбонизованный твердый остаток – наименее. Поэтому выход летучих веществ косвенно характеризует также реакционную способность угля.

По мере увеличения степени метаморфизма (углефикации) изменяются также физические свойства угля. Увеличиваются кажущаяся плотность угля и его прочность, уменьшаются пористость и максимальная влагоемкость. Например, для некоторых углей высшая теплота сгорания на сухую бензолную массу возрастает от 30–31 МДж/кг для бурых до 35–36 МДж/кг для каменных (в связи со снижением доли кислорода), уменьшаясь для антрацита до 34–35 МДж/кг (в связи со снижением доли водорода).

Удельная теплота сгорания характеризует одно из важнейших свойств угля, определяющих его ценность как источника получения тепловой энергии [4]. Она изменяется в широких пределах и зависит как от свойств и состава органической массы, так и от зольности и влажности углей.

Теплоту сгорания твердого топлива определяют стандартным методом, заключающимся в полном сжигании навески топлива в кислороде под давлением в калориметрической бомбе (при постоянном объеме) в изотермическом режиме [4]. Вместе с этим теплота сгорания с достаточной степенью приближенности может быть найдена по элементному составу угля с использованием формулы Д.И. Менделеева:

$$Q = 4.18[81C_1 + 300H_1 - 26(O-S)_1], \text{ кДж/кг}, \quad (1)$$

Где  $C_1, H_1, O_1, S_1$  – содержание соответственно углерода, водорода, кислорода и серы в исходном угле.

Таким образом, наиболее актуальной задачей исследования поведения кыргызских углей является в зависимости от их структуры, состава, степени метаморфизма и условий их нагрева [2,3]. При этом, одной из главных задач при сжигании угля целесообразным является разделение его хотя бы на две фракции — газ и коксовый остаток. Далее газ нужно сжигать, а коксовый остаток использовать в строительной отрасли для получения цемента. Как показывает экспериментальные и теоретические расчеты из двух тонн бурого кыргызского угля можно получить тонну кокса (полукокса), хотя стоимость полученного кокса на порядок дешевле металлургического (доменного) кокса.

Из бурого угля получается мелкозернистый кокс, который является идеальным топливом для дувания в домны взамен природного газа, при этом сокращается расход дорогого доменного кокса. При этом высокорреакционная коксовая мелочь также пригодна, например, для агломерационного производства горно-обогачительных комбинатов. Необходимо также проектирование и строительство линии брикетирования, которая будет выдавать коксовый орешек для ферросплавного производства. Себестоимость должна быть раза в два ниже, чем в традиционной технологии коксования.

В настоящее время проблемой обеспечения энерго безопасности путем глубокой переработки топлива занимаются все развитые страны мира, причем на государственном уровне [6]. Это обусловлено тем, что продукты, получаемые в результате конверсии углей, могут не только эффективно заменить природный газ и топливо, но и служить исходным сырьем для производства экологически безопасных ценных веществ. Например, в США ежегодный вклад государства в проблему комплексного и рационального использования углей и сланцев составляет около 1 млрд. долларов [6]. В Казахстане также создание рациональных, инновационных методов обогащения и переработки углей в топлива с новыми потребительскими свойствами является также стратегической государственной задачей [7].

В целом, с учетом имеющейся научно-технической информации о современном состоянии дел по реализации промышленной технологии

комплексной переработки углей, можно определить практической значимости использования углей в качестве перспективного сырьевого и энергетического ресурса:

**1. Синтез наноразмерных углеродных материалов [8,9].** Создание научных основ синтеза новых углеродных материалов с высокой удельной поверхностью, микропористостью и другими заданными свойствами. Важной задачей исследования является получение углеродных материалов, в частности, сорбентов для очистки воды и воздуха. Нами показано, что из такого угля можно получить углеродные материалы с удельной поверхностью до полутора тысяч квадратных метров. Традиционно используемые в промышленности активные угли имеют поверхность не более 500-800 квадратных метров на грамм. А с использованием разработанного нами метода гидродинамического фракционирования, можно получить угли с поверхностью в разы больше. Из каменных углей также получают искусственный графит.

**2. Получения функциональных электропроводящих покрытий (пленок) в производстве строительных материалов специального назначения.** Формирование электрофизических, свойств токопроводящей пленки с использованием высокодисперсных угольных частиц во многом обусловлено физико-химическими процессами межфазного взаимодействия на ее поверхности и в объеме материала. Поэтому важной задачей является комплексное исследование физико-химических характеристик токопроводящих пленок, процессов образования структуры в дисперсных системах, изучение механизма электрической проводимости дисперсных композиционных материалов. Примерами таких материалов являются: нагревательные панели, электропроводящие краски, нагревательные системы бытового и промышленного назначения и др.

**3. Создание и изучение технологии получения углеродных волокон [10].** Получение углеродных волокон из углей для электровакуумных приборов, например, использование углеродных волокон в качестве автокатодов сегодня является актуальным. Так как главным достоинством углеродных волокон являются долговечность, доступность и дешевизна материала для производства автокатодов. Однако, до настоящего времени выпуск серийных приборов с автокатадами на основе углеродных волокон был ограничен.

**4. Разработка технологии получения и проведение промышленных испытаний Микро-ВУТ [11,12].** В настоящее время в таких странах, как КНР, Япония, Италия, США, Швеция, Россия особое внимание уделяется водоугольным суспензиям как реальной альтернативе жидким топливам из нефти. Например, в КНР для технического руководства по внедрению водоугольного топлива создан Государственный центр водоугольных суспензий угольной промышленности. В 2001 г. в Китае таких суспензий потреблялось более 2,0 млн.т в год. Приготовление

топлива велось на 8 заводах мощностью до 600 тыс.т в год. Потребителями стали ТЭЦ, ранее работавшие на мазуте, предприятия химической, металлургической, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности. В ближайшие 20 лет планируется довести мощности по производству ВУТ до 100 млн.т в год. Широкое применение ВУТ в качестве альтернативы жидким топливам из нефти (дизельному топливу (ДТ) и мазуту) в основном зависит от успешного решения ряда физико-технических проблем, таких как: - измельчение исходного угольного сырья до уровня 10 мкм и ниже при энергозатратах ниже существующих (в настоящее время эти затраты составляют ~ 30-35 кВт/ м<sup>3</sup>); - глубокая деминерализация угольной суспензии до содержания солей менее 2÷3%; - получение на основе деминерализованной угольной дисперсии ВУТ с необходимыми теплофизическими и реологическими свойствами с дисперсностью твердой фазы менее 10 мкмв топках котлов, а также ультра и нанодисперсного водоугольного топлива (Ультра-ВУТ и Нано-ВУТ) в качестве топлив для сжигания в тепловых двигателях и газовых турбин.

Водоугольные суспензии используются не только как топливо, но и в качестве сырья для промышленной газификации углей по методу Тексако (Компания Джeneral Электрик). Первый такой завод по газификации угля был запущен в 1978 г и на сегодня в эксплуатации находятся 13 газовых заводов, в которых работают 43 газогенератора, в стадии проектирования и строительства — еще 18 заводов.

**5. В процессе переработки угля образуется кокс, газ, каменноугольная смола, аммиачная (пирогенетическая) вода и др. [13]**

Наряду с коксом, коксовый газ также является энергетическим сырьем, так как газ имеет теплотворную способность порядка 4000 ккал/м<sup>3</sup> и его можно сжигать в качестве топлива в энергетических агрегатах для получения тепловой и электрической энергии, газовых плитках абонентов газового хозяйства и др. Для этого необходимо подготовить технико-экономическое обоснование использования коксового газа для потребности газопользователей г.Ош

**Экспериментальная часть.** Уголь можно перерабатывать в газообразное, жидкое и твердое топливо. С экономической точки зрения превращение углей в кокс (полукокс) и коксовый газ весьма целесообразно, так как относительная ценность килограмма углерода в коксе (полукоксе) в 1.5-2.0 раза выше, чем в угле. Поэтому можно заключить, что коксования, пиролиз – эффективные способы переработки ископаемых углей. Термическая переработка углей производится при различных температурах в зависимости от назначения процесса. Процессы коксования проводится при 500-900 °С.

Для получения коксового газа нами исследованы угли Алайского (Сары Могол) и Кожокеленского месторождений юга Кыргызстана. Технические ха-

рактические характеристики этих углей соответствуют для получения газа путем термической их обработки (пиролиз).

Независимо от цели и назначения переработки твердого топлива разных месторождений процесс термической переработки углей, по литературным данным, состоит из следующих стадий:

1. Подготовка углей - дробление и измельчение, флотация и обезвоживание, сушка, гранулирование и складирования в бункеры.

2. Термическая переработка углей при температурах 500-900 °С для получения коксового газа и кокса (полукокса).

3. Улавливание химических продуктов, выходящих из печей с коксовым газом и смолы. Количество продуктов, извлекаемых из коксового газа, составляет более 200 видов продукции для нужд разных отраслей народного хозяйства.

4. Тушение кокса (полукокса) путем сухого или водяного охлаждения.

В результате проведенных экспериментальных исследований показаны, что полученные средние значения материального баланса коксования (пиролиза) углей вышеуказанных месторождений юга Кыргызстана выглядят следующим образом (таблица 1):

Таблица 1.

№, п/п	Наименование продукта	Процентное содержание, %
1.	кокс(твердый остаток)	65-85
2.	смола	2,0-3,8
3.	коксый газ	12-25
4.	аммиачная вода и др.	0,25-0,5%

Для внедрения в производство полученных результатов в качестве технического решения нами предлагается строительство газовой мини ТЭЦ для получения коксового газа и газоочистного сооружения для очистки полученного газа. Газовый мини-ТЭЦ нужно соорудить в виде коксовой печи, а газоочистку коксового газа предполагается выполнить по схеме мокрых скрубберов (труб Вентури) с использованием существующих бассейнов – отстойников и станции биологической очистки вод, где утилизируется тепло выхлопных газов.

При установке утилизаторов тепла, горячая вода с температурой до 100 °С используется на отопление и горячее водоснабжение населения города.

Для определения рентабельности использования полученных результатов мы исходили из того что в настоящее время в городе Ош количество абонентов пользующиеся природным газом составляет 74 тысячи, а годовая потребность газа в г.Ош 25 млн.м<sup>3</sup>, из них 5 млн.м<sup>3</sup> потребляет Ошский ТЭЦ. По нашим расчетам, с помощью газовой мини-ТЭЦ мощностью до 16 МВт, можно вырабатывать 2800-3000 м<sup>3</sup>/ч коксового газа, для подачи газораспределительной сети города Ош.

Для обеспечения газом необходимо переработать 150000-200000 тыс. тонн угля Алайского месторождения. Тогда получим: 25-28млн м<sup>3</sup> газа; 120-130 тыс. тонн полукокса; до 40 тыс. тонн смолы; до 4тыс тонн аммиачной воды (удобрение) и др.

Полный экономический расчет, проведенные нами с учетом вышеуказанных количественных экспериментальных данных дает следующие результаты:

1. Установленная электрическая мощность – до 20 МВт.

2. Вырабатываемая тепловая мощность – 20 МВт.

3. Произведено тепловой энергии за отопительный сезон (3600 час.)

$$20 \times 5568 = 72 \cdot 10^3 \text{ Гкал/год}$$

4. Стоимость произведенной тепловой энергии при стоимости 1Гкал-

$$1400 \text{ сом. без НДС} : 72 \times 10^3 \times 1400 \text{ сом} = 100 \text{ млн. сом}$$

5. Всего сэкономлено за год на тепле и электроэнергии : 100 млн.сом.

6. Годовая потребность на газ – 25 млн. м<sup>3</sup>

7. Стоимость коксового газа при тарифе 16 сом (тариф природного газа) за 1 м<sup>3</sup> 25000000\*16=400 млн. сом.

8. Расход на покупки угля (мелочи) 200000 тонн\*3000 сом=600тыс. сом

9. Количество кокса после пиролиза 120 тыс. тонн

10. Стоимость кокса: 120000\*5000сом= 600 млн.сом

11. Объем угольной смолы (3%): 200000\*0,03=6000 тонна. Стоимость смолы: 6000 т\*18000сом=54млн.сом

12. Объем получаемой аммиачной воды (жидкое удобрение - 0,2%) 200000\*0,002=400 тонна.

Стоимость удобрения 400 тонна\*30000 сом = 12млн сом

13. Общий экономический эффект от внедрения проекта составляет:

$$100(\text{тепло})+400(\text{газ})+600(\text{кокс})+54(\text{смола})+12(\text{аммиачная вода})-600(\text{покупка угля})=566 \text{ млн. сом}$$

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. На основании проведенных исследований экспериментально подтверждена и обоснована применимость углей юга Кыргызстана в качестве энергетического и топливного сырья путем комплексной их переработки;

2. Показано, что из отечественного угля Алайского месторождения производится газ с отпускной ценой дешевле, чем природный;

3. Если поставить демонстрационную комплексно перерабатывающую мини-установку на территории ТЭЦ г.Ош, то за один год она не просто окупится, но и принесет 566 млн. сом дохода.

Подводя итоги можно сказать, что использования углей Кыргызстана является более

перспективной если развивать новые технологии их переработки. Тогда производство новых видов высококачественного топлива, с использованием например, метода пиролиза, способны сделать кыргызский уголь источником энергии, тепла и сырья для получения различных химических продуктов.

**Литература:**

1. Нестеренко Л.Л., Бирюков Ю.В., Лебедев В.А. Основы химии и физики горючих ископаемых. — К.: Высшая шк., 1987. -359с.
2. Трудился, боролся, страдал, но побеждал / Сб. избранных научных трудов д.т.н., профессора А.С.Джаманбаева. – Бишкек: Бийиктик, 2003. -380с.
3. Солпуев Т.С. Угольные месторождения Кыргызской Республики. Бишкек, 1996. -512 с.
4. Агроскин А. А., Глейбман В.Б. Теплофизика твердого топлива. – М.: Недра, 1980. — 256 с.
5. Грязнов Н.С. Основы теории коксования. М.: Недра, 1985.-258с.
6. Алексеев К.Ю., Горлов Е.Г., Шумовский А.В. Современные условия для промышленной реализации процессов СЖТ из углей в России // Уголь. – 2012. – № 8. – С. 91–93.
7. Ермагамбет Б., Касенов Б., Досумов К. и др. Глубокая переработка углей Казахстана // Промышленность Казахстана. – 2014. – № 1 (82). – С. 24–28.
8. Шулепов И., С. В. Физика углеграфитовых материалов / С.В. Шулепов. М.: Химия, 1972.- 166 с.
9. Ташполотов Ы., Жогаштиев Н.Т., Турдубаева Ж., Садыков Э., Дуйшеева С. Разработка технологии получения наноструктурных материалов на основе местных минерально-сырьевых ресурсов // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.econf.rae.ru/article/7502>, 06.03.2013.-79с.
10. Шешин Е.П. Структура поверхности и автоэмиссионные свойства углеродных материалов. – М: МФТИ, 2001; Е.П.Шешин Структура поверхности и эмиссионные свойства углеродных материалов Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, Москва (1995)
11. Зейденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Мурко В.И., Нехороший И.Х. Производство и использование водоугольного топлива. 2001, -163 с.
12. Асанов Р, Абдалиев У.К., Ташполотов Ы.Физико-химические особенности получения водоугольного топлива.// <http://econf.rae.ru/article/8567>(дата обращения: 04-09-14 12:31).;8600 (дата обращения: 15-09-14).-14с.
13. Ташполотов Ы., Садыков Э., Жогаштиев Н.Т. Технология получения кокса из каменного угля Узгенского бассейна // Инновационные разработки. Ежегодник Национальной академии наук Кыргызской Республики, Бишкек, 2012, с.55-57.

**Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Сатыбалдиев А.**