

© Ю.Ф. Патраков, Н.И. Федорова,  
Б.Г.Трясунов, 2003

УДК 662.33.749

**Ю.Ф. Патраков, Н.И. Федорова, Б.Г.Трясунов**  
**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКИХ**  
**УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ УГЛЯ В РОССИИ**

Общеизвестна роль угля как универсального энергетического сырья, сырья для производства металлургического кокса и химических продуктов коксования.

Современное мировое потребление угля составляет 3,6 млрд. тонн условного топлива, из которых 3 млрд. т идет на производство электроэнергии, а 0,6 млрд т – на производство кокса. За последние 20 лет XX столетия мировое потребление угля возросло более чем на 1 млрд т. По данным Мирового энергетического совета, в течение первых трех десятилетий XXI века, в зависимости от темпов роста мировой экономики, прогнозируется повышение потребления ископаемых углей еще на 1 млрд т [1, 2]. Геополитический интерес к углю, как главному ископаемому энергоисточнику, обусловлен его огромными мировыми запасами, которых хватит с учетом возрастающей потребности на последующие несколько сот лет. Одним из важных результатов XVII Всемирного энергетического конгресса в Хьюстоне (сентябрь 1998 г.) явилась констатация международным энергетическим сообществом того факта, что уголь, представляющий собой экономичный классический энергоноситель, и запасы которого огромны, еще длительное время будет нести основное бремя по обеспечению энергоснабжения в мире. Следовательно, при ограниченных запасах нефти и газа, переориентирование мировой энергетики преимущественно на уголь – путь неизбежный и магистральный. Уже сегодня 37% мировой электроэнергии и 70% стали, производится за счет угля, но, однако ни в одной отчетности углепотребляющих стран не значатся объемы угля

используемых непосредственно на химическую переработку.

В последние годы за рубежом существенное внимание уделяют повышению качества угольной продукции, что обуславливается как ужесточением требований к защите окружающей среды при технологическом использовании углей, так и стремлением к повышению эффективности процессов углепереработки и сжигания. При переходе от сжигания в топках к технологиям глубокой комплексной переработки угля будет решена проблема экологической безопасности и экономической эффективности угольной энергетики. Техника использования углей для производства электроэнергии значительно усовершенствована, благодаря интеграции с газификацией, сжиганием углей в псевдоожиженном слое при атмосферном и повышенном давлении, сжигании угля в шлаковом расплаве и пылеугольных топках. При этом минимизируются потери топлива от механического и химического недожога и существенно снижаются выбросы в атмосферу оксидов азота и серы [3].

Кроме производства электроэнергии продукты газификации можно использовать для получения химических продуктов. В настоящее время во всем мире планируется к разработке и реализуется более 63 проектов по газификации угля. Однако из этого числа 55 проектов рассчитаны на производство электроэнергии и только 8 проектов предназначены для химического производства.

Для получения энергетического топлива и технологического газа в СССР работало свыше 350 газогенераторных станций, на которых было установлено порядка 2500 газогенераторов [4]. С использованием различных

видов топлива на этих станциях вырабатывалось 35 млрд м<sup>3</sup> в год энергетического и технологического газов. Однако вследствие интенсификации добычи нефти и природного газа работы по газификации были практически прекращены. Разрабатываемые в настоящее время Институтом горючих ископаемых процессы газификации в кипящем слое [5] опять рассматриваются лишь как эффективное средство защиты окружающей среды при энергетическом использовании углей. Промышленного освоения технологии комбинированной переработки углей в России до сих пор нет.

Как отдельное направление процесса газификации можно рассматривать подземную газификацию и подземное сжигание углей. В 50-е годы в СССР данный процесс достиг промышленных масштабов, в стране функционировало несколько установок. Однако они постепенно прекратили свое существование. В настоящее время технология подземной газификации рассматривается как перспективная для условий Кузбасса [6]. По прогнозам может быть налажено рентабельное производство экологически чистого газообразного энергоносителя, используемого для получения горячей воды, пара и электрической энергии непосредственно на месте его производства. И вновь ни о какой химической переработке речи не ведется, да и публикации по данной проблеме практически прекратились.

Термическое растворение углей можно считать одним из способов превращения его органической массы с получением ценных химических продуктов. Задача состоит в подборе наиболее легко поддающихся деструкции твердых горючих ископаемых, выборе растворителя, катализаторов и температурного режима процесса. Например, в Институте угля и углехимии СО РАН выполнены исследования по термическому растворению в тетралине барзасских углей [7,8]. Степень конверсии органической массы угля в интервале температур 375-425 °С достигает 75-85%. Предварительная механоактива-

ция и озонолиз углей способствуют интенсификации процесса в низкотемпературной области (375-400 °С), при этом изменяется состав образующихся жидких продуктов. Проведенными исследованиями показано, что варьированием температуры, скоростью нагрева и предварительной модификацией углей с использованием физических и химических методов воздействия можно в достаточно широком диапазоне изменять групповой состав образующихся жидких продуктов с целью получения продукта заданного качества (органическое связующее для углехимического производства и дорожного строительства, средние и легкие фракции углеводородов и т.д.). Однако это лишь лабораторные исследования и до практической реализации очень далеко.

Технологию прямого ожижения угля в настоящее время не используют в промышленном масштабе вследствие ряда причин, связанных со сложностью технологии, трудностями дальнейшей переработки жидких продуктов. Однако в различных странах сейчас работает более 80 опытных установок ожижения угля, но и здесь основная цель химической переработки угля – получение синтетического жидкого топлива. Разработанная в Институте горючих ископаемых технология прямой гидрогенизации угля также обеспечивает получение широкого спектра жидких топлив: автобензинов, дизельного топлива, авиакеросинов, топлива для судовых двигателей, печного и котельного топлива [4, 9].

Следует отметить, что процессы гидрогенизации угля по всем известным к настоящему времени технологиям все еще недостаточно совершенны, и получаемые в построенных опытно-промышленных установках искусственные жидкие топлива неконкурентоспособны с нефтепродуктами. Современный уровень разработок химической переработки углей с учетом сырьевой базы и научно-технического потенциала позволяет ожидать появления промышленного производства синтетического жид-

кого топлива из углей вероятно в течение последующих 15-25 лет.

Одним из перспективных путей перевода углей в жидкое состояние следует считать приготовление гидросмесей с последующим их транспортом и переработкой. Наиболее проработаны технологии подготовки и транспорта водоугольных топлив [10].

Коксохимическая промышленность производит не только кокс, коксовый газ, но это и комплексная переработка угля с целью получения многих ценных химических продуктов наиболее доступных в настоящее время. Технология слоевого коксования угля в печах камерного типа с улавливанием попутных химических продуктов достигла практически предельного уровня технического прогресса. Созданы высокопроизводительные комплексы по переработке коксового газа. Возможности дальнейшего развития этой технологии, по существу, исчерпаны. В настоящее время наметился переход от совершенствования традиционного процесса слоевого коксования угля в многокамерной системе периодического действия к разработке процессов нового поколения, отвечающих требованиям высоких технологий будущего, - непрерывность, полная автоматизированность, экологическая безопасность, ресурсо- и энергоэкономичность. Обычная технология переработки коксового газа на коксохимических предприятиях на современном этапе является нерентабельной, особенно с учетом ужесточения требований по контролю выбросов в окружающую среду. В Германии разрабатывается новая технология обработки и использования сырого коксового газа и новая структура коксового завода будущего. По новой технологии предусматривается подвергать коксовый газ крекингу с использованием и получением восстановительного газа, содержащего более 60% водорода и более 30% оксида углерода. Основными продуктами коксового завода будут – металлургический кокс и восстановительный газ, пригодный для использования в качестве источника энергии или вос-

становительного агента в процессах прямого получения железа.

В США особенностью последних лет следует считать возрождение технологии коксования угля в печах без улавливания химических продуктов, комбинированных с целью повышения эффективности с установками для утилизации тепла отходящих газов процесса коксования [11].

Коксохимическое производство металлургического комплекса России состоит из четырех коксохимических заводов и восьми коксохимических производств металлургических комбинатов. При переработке сырого бензола и смолы на отечественных коксохимических предприятиях в качестве чистых веществ выделяют бензолы, углеводороды и нафталин. В то же время расширение ассортимента продукции с выделением индивидуальных соединений, улучшение ее качества может значительно повысить рентабельность производства, сделать его более гибким и конкурентоспособным. Однако действующие цехи улавливания химических продуктов коксования на большинстве предприятий не соответствуют требованиям экологической и промышленной безопасности. Переработка сырого бензола осуществляется в цехах ректификации, использующих технически и морально устаревшую технологию сернокислотной очистки. Существующая экономическая ситуация не благоприятствует развитию переработки смолы на производстве, которая может идти в направлении освоения новых видов продукции. В целом современное состояние коксохимического производства характеризуется низким объемом инноваций; внедрение ведется в той части, которая не требует значительных инвестиций. Стратегия развития коксохимической промышленности Российской Федерации до 2005 года одним из направлений включает в себя реализацию новых схем улавливания и обработки коксового газа с использованием средств АСУТП и ликвидацией недефицитных продуктов, а также выполнение специальной технико-

экономической проработки для создания коксовых производств без химического крыла с получением топочных газов и электроэнергии [12].

Это все означает, что в перспективе углю отводится только роль энергетического сырья, а все процессы, перерабатывающие уголь ориентируются, в основном, на производство топли-

ва. И все же с исчерпанием основных мировых запасов нефти и газа уголь будет приобретать роль основного источника органического сырья для химической промышленности. Следовательно, нетопливные пути использования ископаемых углей нуждаются в существенной разработке, технико-экономической оценке и широкой практической реализа-

ции. Это потребует основательного пересмотра возможностей комплексного использования природного потенциала углей России как с позиций фундаментальной науки об угле, так и с позиций наиболее оптимальных путей промышленной реализации угольного потенциала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенщиков В.П., Гусев С.М. Современное состояние мировой угольной промышленности // Уголь, 2001. - №12. - С. 64-66.
2. Гагарин С.Г. Тенденции в развитии мировых цен на коксующиеся и энергетические угли // Кокс и химия, 2001. - №7. - С. 32-36.
3. Гагарин С.Г. Пути повышения качества угольной продукции // Кокс и химия, 1999. - №5. - С. 40-46.
4. Кричко А.А., Лебедев В.В., Фарберов И.Л. Нетопливное использование углей. - М.: Недра, 1978. - 215 с.
5. Корчевой Ю.П., Майстренко А.Ю., Дудник А.Н., Топал А.И. Разработка методов и установок для сжигания и газификации углей в кипящем слое // Промышленная теплотехника, 1998. - Т.20. - №4. - С. 33-38.
6. Гришко Г.И. Углекимическая направленность планирования и развития добычи угля в Кузбассе // Химия на рубеже тысячелетий. Сб. трудов междунар. науч. конф. - М.: Изд-во МГУ, 2000. - С. 276-280.
7. Патраков Ю.Ф., Федорова Н.И., Денисов С.В. Неизотермическое растворение мехвноактивированных лип-тинитового и витринитового углей бурогоугольной стадии // Химия твердого топлива, 2001. - №2. - С. 56-61.
8. Патраков Ю.Ф., Федорова Н.И., Камьянов В.Ф., Горбунова Л.В. Термическое растворение озонированного барзасского липтобиолитового угля // Химия твердого топлива, 2001. - №5. - С. 43-48.
9. Малолетнев А.С., Кричко А.А., Гаркуша А.А. Получение синтетических жидких топлив гидрогенизацией углей. - М.: Недра, 1992. - 129 с.
10. Ходаков Г.С. Суспензионное угольное топливо // Известия АН. Энергетика, 2000. - №2. - С. 104-119.
11. Ухмылова Г.С. Перспективы развития коксохимического производства // Кокс и химия, 1999. - №8. - С. 39-45.
12. Посохов М.Ю., Сухоруков В.И., Рытников Л.Я. О стратегии развития коксохимической промышленности Российской Федерации до 2005 года // Кокс и химия, 2001. - №3. - С. 10-17.

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Патраков Ю.Ф.* - кандидат технических наук, зав. лабораторией «Химии и химической технологии угля», Институт угля и углекими Сибирского отделения РАН, г. Кемерово.

*Федорова Н.И.* - кандидат химических наук, Институт угля и углекими Сибирского отделения РАН, г. Кемерово.

*Трясунов Б.Г.* - доктор технических наук, Институт угля и углекими Сибирского отделения РАН, г. Кемерово.

© М.Г. Видуешкий, И.Ф. Гарифулин,  
К.А. Жданов, В.А. Мальцев,  
С.Л. Читалов, Ж.М. Махмутов,  
В.А. Цветков, 2003

УДК 661.185

**М.Г. Видуешкий, И.Ф. Гарифулин, К.А. Жданов,  
В.А. Мальцев, С.Л. Читалов, Ж.М. Махмутов,  
В.А. Цветков**

**ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ИСПЫТАНИЙ НОВЫХ ФЛОТАЦИОННЫХ  
АППАРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА  
МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ**

**Ф**лотация руд на обогатительных фабриках является сложным многофакторным процессом. На результаты флотационного процесса в промышленных условиях влияет большое количество управляемых и неуправляемых (случайных) технологических факторов. Например: расходы флотационных реагентов или количество подаваемой руды являются управляемыми факторами, значения которых можно достаточно точно регулировать и поддерживать на заданном уровне, а содержание полезного компонента и другие технологические свойства исход-