

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕЙ

Ископаемые угли являются сложным химическим соединением, включающим в свой состав не только источник сырья для энергетики и коксохимии – углерод, но и другие попутные ценные компоненты, охватывающие практически всю таблицу Менделеева, включая золото, серебро, уран, алюминий, германий и т. д.

Отдельные участки угольных месторождений могут характеризоваться повышенной и даже аномальной концентрацией ценных компонентов, но ввиду их ограниченного проявления недостаточной для рентабельного извлечения. Тем не менее опыт показывает целесообразность извлечения редкоземельных и других ценных компонентов в рамках комплексного освоения месторождения и использования потенциала углей.

Так, сам по себе нерентабельный процесс извлечения из угля ценного компонента может получить положительную оценку, если рассматривать его как часть более общего процесса комплексной переработки золы и угля. Следует отметить, что в России имеется положительный опыт извлечения германия из сажи сахалинских углей (Новиковский разрез). Наличием в углях редких элементов иногда объясняется интерес японских инвесторов к месторождениям угля Дальнего Востока.

Зольные отходы обогащения являются источником сырья для производства строительных материалов, включая цемент, кирпич, легкие пористые наполнители и др. Переработка и дальнейшее использование зол является обычной практикой для развитых стран, где в переработку вовлекается до 60–80 % отходов обогащения.

В России имеется положительный опыт использования зол углей в производстве строительных материалов, но реализованный в рамках небольших локальных проектов. В качестве примера можно привести производство шлакоблоков из зол сжигания угля ТЭС поселка Беринговский (Чукотка), послуживших основным строительным материалом поселка. Ввиду удаленности и труднодоступности поселка от крупных промышленных центров это решение принесло значительную экономию средств, одновременно уменьшив негативную нагрузку на чрезвычайно уязвимую экосистему тундры.

Технико-экономические оценки показывают, что транспортировка угольных отходов, используемых в качестве основного сырья для производства строительных материалов, нерентабельна при дальности транспортирования свыше 100 км, а при использовании в качестве добавки — на расстояние свыше 500 км. Таким образом, это направление использования отходов обогащения интересно прежде всего для удовлетворения потребности в строительном материале в пределах локальных территорий.

Зольные отходы также могут быть использованы в качестве сырья для металлургической промышленно-

сти, добавок к утяжелителям при обогащении в тяжелых суспензиях, в качестве наполнителя для железобетонных, сырьем при производстве глинозема.

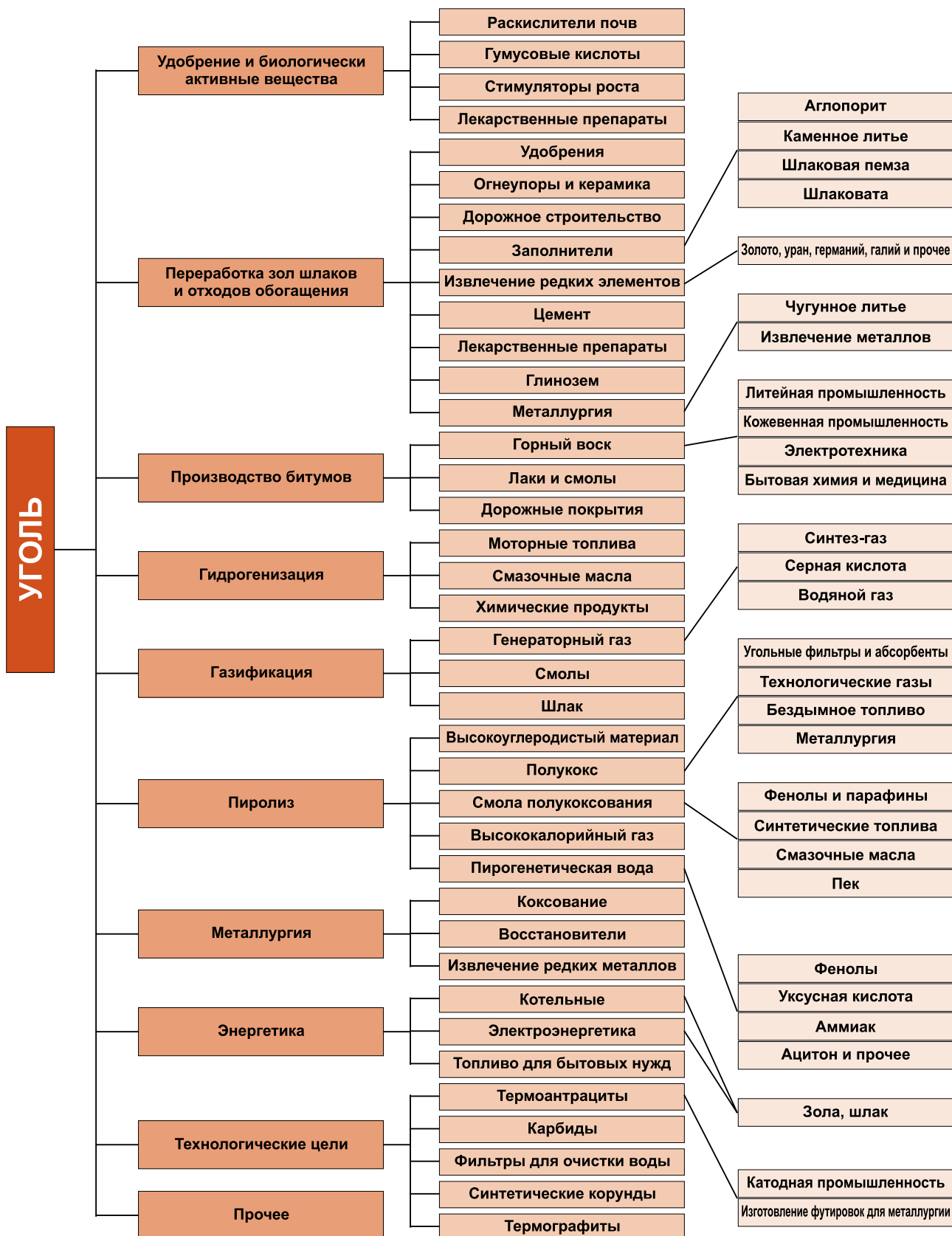
В настоящее время ИМС Montan провело исследование возможности использования отходов обогащения одной из российских обогатительных фабрик, перерабатывающей антрациты. Исследования на содержание горючих компонентов, вредных примесей, однородность состава, фракционный состав и прочее подтвердили перспективность использования отходов обогащения в качестве добавки в шихту для производства литейного чугуна, а также сжигания в кипящем слое. По проведенным оценкам, использование отходов углеобогащения в качестве источника топлива ТЭС, спроектированной по технологии кипящего слоя, позволит практически полностью удовлетворить внутренние потребности в электроэнергии крупного горнодобывающего предприятия.

Таким образом, перспективным следует признать использование синергетического эффекта от получения тепла и электроэнергии, а также извлечения компонентов, не представляющих самостоятельного промышленного интереса.

ИСТОЧНИК СЫРЬЯ ДЛЯ УДОБРЕНИЙ

В настоящее время Россия сталкивается с дефицитом продовольственных товаров собственного производства, что ставит ее в уязвимое положение от стран-экспортеров сельхозпродукции. Стратегический курс на обеспечение независимости внутренней и внешней политики ставит задачу развития собственной сельскохозяйственной отрасли, переживающей рост после периода упадка 1990-х гг. При этом отмечается ограниченное использование в сельском хозяйстве качественных удобрений, безвредных для человека и животных.

Как ни странно, уголь является одним из нетрадиционных источников высококачественных удобрений, гуминовых кислот и биостимуляторов. Для данных це-



лей могут быть использованы малоценные для рынка марки окисленных и бурых углей, а также отходы углеобогащения мелкой фракции.

Следует отметить, что область применения гуминовых веществ шире, чем источник сырья для удобрений, и включает изготовление углещелочных реагентов для улучшения качества промывочных глинистых растворов, высококонцентрированных композиционных водоугольных топлив, антибактериальных препаратов, лекарственных средств для лечения метаболических нарушений в пищеварительной системе и т. д.

Уникальность свойств гуминовых кислот как сырья для агрохимии обусловила интерес к данному направлению переработки углей некоторых горнодобывающих компаний. Так, Группа «Белон» осуществляет финансирование научно-исследовательских работ в этой области.

ПРОИЗВОДСТВО ЖИДКИХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И ГАЗА

Также хорошим сырьем для получения удобрений является высокоуглеродистый материал (ВУМ), получаемый при быстром пиролизе углей. Стоимость такого удобрения в некоторых случаях достигает 10 долларов за килограмм.

Отдельное внимание следует уделить углю как сырью для производства жидких моторных топлив и газа.

Значительные успехи в области газификации и гидрогенизации были достигнуты в России, Германии, США, ЮАР и Японии. Наибольшее распространение получили следующие направления выработки синтетических топлив из ископаемых углей:

- гидрогенизационное ожигение;
- газификация (получение жидких топлив и продуктов химии через синтез-газ);
- пиролиз.

Гидрогенизационное ожигение представляет процесс прямой переработки угля в синтетические топлива жидкого и газообразного агрегатных состояний, происходящий при высоком давлении и относительно высокой температуре. Данное направление нашло промышленное использование в Германии, где начиная с 1927 г. велась промышленная выработка жидких моторных топлив из угольного сырья. Наличие подобной технологии позволило воюющей Германии частично компенсировать дефицит топлив в период Второй мировой войны. В этот период годовые объемы производства достигали 5–6 млн тонн жидких топлив. После войны постепенно промышленное использование данной технологии переработки углей прекратилось, что было связано с высокой себестоимостью процесса.

ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ — СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ

Однако были продолжены исследовательские работы, направленные на повышение эффективности процесса и снижение его себестоимости. В послевоенной Германии снижение себестоимости процесса деструктивной гидрогенизации углей было достигнуто снижением давления протекания реакции. Работы велись при участии государства несколькими исследовательскими группами. При этом одна из ведущих ролей принадлежала известному немецкому институту в области технологии горных работ DMT («Немецкие горные техно-

логии»). Низкие цены на нефть не позволили получить в то время рентабельного процесса, что привлекло отток средств из исследований и сворачивание работ по ним. Так, лаборатория исследования гидрогенизации DMT была продана Китаю, а опытно-промышленный завод по производству жидких топлив в г. Бортроп был переориентирован на переработку бытовых отходов.

В значительной степени эти решения можно считать успешными. Особенно учитывая историческую тенденцию к росту цен на нефть, в докризисный период достигавших \$100 и более за баррель, что, по существующим оценкам, близко к значению, соответствующему выходу на рентабельность процесса гидрогенизации углей.

В настоящее время серьезные исследования по прямой гидрогенизации продолжаются в Китае и Японии. Корпорацией NEDO (Япония) принято решение по созданию в Индонезии (провинция Tanjung Enim) к 2011 г. демонстрационной установки производительностью 30 тыс. т угля в сутки, работающей по технологии Coal Oil Co. Ltd. По данной технологии также предусматривается создание промышленной установки производительностью 5 тыс. т угля в год для бурых углей месторождения Yilan китайской провинции Helongjiang.

Российским лидером в области исследований прямой гидрогенизации является Институт горючих ископаемых — ИГИ (г. Москва), имеющий свое ноу-хау.

В реакции используется деструктивная гидронизация 1–2 % молибдено-железного катализатора и ингибитора реакций радикальной полимеризации (предотвращающего протекание вторичных реакций при нагреве), что снижает давление процесса до 10 МПа. Апробированный в опытно-промышленных условиях процесс может протекать в практически замкнутом режиме при регенерации порядка 95–97 % исходного катализатора.

Следует подчеркнуть, что метод ИГИ позволяет с высокой долей эффективности перерабатывать маловостребованные рынком марки углей (бурые угли, угли с зольностью до 20 % и с высоким содержанием серы).

Основным продуктом реакции является так называемая «угольная нефть», которая по своему химическому составу близка к традиционной нефти с большим количеством тяжелой фракции и может быть подвергнута более глубокой переработке с получением топлив различного класса, а при необходимости и других продуктов нефтехимии.

Единственная опытно-промышленная установка, работавшая по данному методу, была закрыта в период развала СССР, сопровождавшегося экономическим кризисом и снижением финансирования инновационных направлений.

По оценкам специалистов ИГИ, нижний предел мощности завода по гидрогенизации, при котором возможен выход на рентабельность, составляет 500 тыс. т жидкого топлива в год, что соответствует примерно 1,5 млн т угля. По своим характеристикам и сложности завод аналогичен нефтеперерабатывающему производству и его строительство может занять порядка 3–5 лет.

Альтернативное направление переработки угля в жидкие топлива основано на его предварительной газификации с последующей химической переработкой газообразных продуктов, в том числе с получением в качестве конечного продукта жидких топлив.

Данное направление переработки углей исследуется в различных странах мира. За рубежом наибольшее промышленное внедрение данная технология получила в ЮАР, где работают четыре завода, с общей годовой производительностью около 8–10 млн тонн жидкого топлива. Работы ведутся по патентованной технологии SASOL на основе усовершенствованного метода Фишера-Тропша. Учитывая, что SASOL проводит политику по поддержанию высоких платежей за право пользования технологией, это обуславливает высокую стоимость ее промышленной реализации в других странах.

В настоящее время передовыми исследованиями по комплексной, глубокой переработке угля путем его газификации занимается Институт угля и углехимии РАН (г. Кемерово), реализуя технологию, альтернативную SASOL.

Концепция, предлагаемая Институтом угля и углехимии, состоит в строительстве так называемых «газоугольных энергохимических комплексов», которые представляют набор промышленных кластеров, обеспечивающих добычу, извлечение и глубокую переработку органических и неорганических компонент с целью получения энергии (тепловой, электрической), широкого спектра химических продуктов, стройматериалов, редких, редкоземельных и трансурановых элементов.

По мнению института, технология готова к стадии промышленного внедрения. Однако на сегодня отсутствие крупных реализованных проектов обуславливает высокие инновационные риски и требует подтверждения экономической и технологической эффективности использования технологии, создания полноценных опытно-промышленных производств.

ПИРОЛИЗ

Другим перспективным направлением переработки углей с получением целого комплекса субпродуктов, востребованных энергетической, химической и металлургической индустрией, является пиролиз — процесс термохимической переработки твердых горючих ископаемых путем нагревания до высоких температур без доступа воздуха. По принципу подвода тепловой энергии процесс можно разделить на:

- аллотермический (подвод тепла извне);
- автотермический (образование тепла в процессе реакции).

Основным продуктом аллотермической реакции является ряд ценных продуктов, включая полукокс, смолу, высококалорийный газ и пирогенетическую воду. Полученные продукты используются в энергетической, химической и металлургической промышленности с целью получения жидких синтетических топлив, смазочных масел, парафинов, фенолов, используемых для производства пластических масс, фильтров для воды, адсорбентов, восстановителей для черной металлургии и многих других продуктов. Технология была реализована на промышленном уровне строительством в 1950-х завода полукоксования в г. Ленинск-Кузнецкий. В настоящее время оборудование, используемое на заводе, устарело с моральной и физической точки зрения, а сам завод находится в стадии банкротства.

В автотермической реакции пиролиза часть органической массы углей используется для производства теп-

ловой энергии, необходимой для разложения угля, что позволяет осуществлять реакцию в замкнутом режиме. Данная технология апробирована ЗАО «Карбоника-Ф» и «Сибтермо» (г. Красноярск). При этом основными продуктами переработки угля являются полукокс и горючий газ.

Рассматривается промышленное внедрение данной технологии на предприятиях при производительности 1 млн тонн полукокса в год, а также в Монголии.

Также рассматривался вопрос строительства завода по автотермическому пиролизу угля в составе угледобывающей шахты с производительностью 4 млн тонн угля в год.

Определенный интерес представляют установки быстрого пиролиза, разрабатываемые ООО «Альтернативная Эко Био Энергия». В отличие от традиционного медленного пиролиза, реакция разложения угля сокращается от часов до секунд, что изменяет как протекание процесса, так и структуру продуктов пиролиза. Конечными продуктами переработки твердых углеводородов по этой технологии являются высокоуглеродистый материал, синтез-газ и жидкое топливо (не разделенное на фракции). При необходимости доля синтез-газа может быть доведена до 90 %.

Учитывая, что для производства моторных топлив, востребованных рынком, требуется строительство капиталоемких объектов, данная технология интересна прежде всего с точки зрения получения газа как сырья для теплоэнергетики с целью удовлетворения нужд горных предприятий и небольших населенных пунктов. Технология может быть реализована при относительно малых перерабатывающих мощностях, что является ее несомненным достоинством и позволит снизить капиталоемкость и возможные инновационные риски.

Технология апробирована на опытно-промышленной установке с достаточно позитивным результатом для торфа в качестве исходного сырья. Следует ожидать достаточно хороших результатов и для бурых углей, тогда как эффективность переработки каменных марок угля и отходов обогащения требует подтверждения и проведения дополнительных исследований.

Вышеперечисленные направления переработки угля не являются исчерпывающими. По сути, уголь является полезным ископаемым многопрофильного назначения, многие положительные свойства которого до сих пор не нашли должного внимания, что негативным образом сказывается как на экологичности, так и на энергоэффективности и экономичности различных отраслей промышленности России. Поэтому комплексное использование потенциала ископаемых углей должно стать приоритетной задачей в области ресурсо- и энергосбережения и найти должную поддержку государства и частных инвесторов.

Некоторые возможные продукты переработки угля приведены на схеме. ☺

Авторы:

горный инженер IMC Montan, к.т.н. Твердов А. А.,
консультант по экономике и маркетингу IMC Montan,
к.э.н. Жура А. В.,
директор по развитию IMC Montan, к.э.н. Никишичев С. Б.

www.imcmontan.ru