

Итак, Т.Г. Ильина выявила парадоксальный факт — понижение ВГД у больных с начальными стадиями развития глаукомы при сильных толчках и в первый месяц после начала землетрясения, длившегося более года.

Такого рода чрезвычайные воздействия на центральную нервную систему (стихийные бедствия) ведут к нарушению ритма работы нервной системы, т. е. к функциональной диссоциации деятельности нервососудистого аппарата, регулирующего офтальмотонус, под влиянием возникающего нарушения связи между корковыми и подкорковыми вегетативными центрами. Помимо этих механизмов, очевидно, имеет большое значение раздражение рецепторов через гипоталамо-гипофизарную систему, включающую целый ряд регуляторных гуморальных механизмов.

Известно, что любое внешнее раздражение вызывает явление стресса, приводящее в начальной фазе к усилению гормональной активности в системе гипофиз и кора надпочечников, которые, в свою очередь, помогают организму преодолеть эти нарушения и нормализовать их. Затем наступает II фаза — фаза резистентности.

При наслоении внешних раздражений возникает III фаза — когда организм становится более чувствителен к действию какого-либо, даже другого патологического фактора, — это фаза истощения. По-видимому, изменения в ВГД, обнаруженные в начальном периоде землетрясений, и те неадекватные реакции, которые наступили у больных глаукомой в конце изучаемого периода, могут подтвердить предположение об участии в течение глаукоматозного процесса (при различных эмоциональных воздействиях) гипоталамо-гипофизарной системы. Таким образом, «острые» эмоциональные воздействия могут привести к парадоксальной реакции со стороны офтальмо-тонус рефлекса. Наслоение же в последующем однотипных отрицательных чрезвычайных раздражений (возможно даже иного характера) может вызвать повышение ВГД вплоть до явлений декомпенсации, что наблюдалось у некоторых наших больных через несколько месяцев после начала землетрясений (табл. 1). Вышеизложенное убеждает в том, что при различных, длительных по времени, стихийных бедствиях можно ждать у больных глаукомой резких колебаний в офтальмотонусе — от понижения его в начальном периоде, до повышения в последующем, что требует в этот период соответственно усиленного диспансерного наблюдения за ними.

Выводы

Осуществленные Т.Г. Ильиной исследования в 1966–1968 гг. влияния чрезвычайных раздражителей (землетрясений) на характер и течение глаукоматозного процесса у больных глаукомой в Ташкенте (относящемуся к зоне с высокой сейсмичностью), позволяют говорить о том, что при землетрясениях («острых» воздействиях), вызывающих «сшибку» в работе центральной нервной системы, ВГД у больных глаукомой в основном снижалось, иногда в значительной степени. При наслоении раздражений (при многократных воздействиях) наблюдалось постепенное повышение оф-

тальмотонуса, которое у некоторых больных приводило к декомпенсации процесса. Полученные данные указывают на необходимость проведения в такие периоды усиленного диспансерного наблюдения за больными глаукомой. Это наиболее важно для территорий, находящихся в сейсмически опасных зонах.

Изучение влияния стихийных бедствий (землетрясений, наводнений и др.) на ВГД у больных и здоровых людей возможно позволит пролить свет на пути и механизмы регуляции офтальмотонуса, а также на более детальное обоснование лечебно-профилактических мероприятий. Необходимо продолжить эти исследования, начатые более полувека назад.

ЛИТЕРАТУРА

1. Говорушко, С.М. Взаимодействие человека с окружающей средой: влияние геологических, геоморфологических, метеорологических и гидрологических процессов на человеческую деятельность: иллюстрированное справочное пособие / С.М. Говорушко. Тихоокеанский ин-т географии РАН. — М.: Академический Проект; Киров: Константа, 2007. — 652 с.
2. Ильина, Т.Г. Влияние землетрясения в г. Ташкент на течение глаукоматозного процесса / Т.Г. Ильина // Матер. III съезда офтальмологов СССР 19–24 сент. 1966 г., Волгоград. Т. III. — М.: М-во здравоохранения СССР. Всесоюз. науч. о-во офтальмологов, 1967. — С. 63–67.
3. Рассказовский, В.Т. Последствия Ташкентского землетрясения / В.Т. Рассказовский, Т.Р. Рашидов, К.С. Абдурашидов. АН УзССР. Ин-т механики и сейсмостойкости сооружений. — Ташкент: «ФАН», 1967. — 144 с.
4. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года / Гл. ред. Г.А. Мавлянов. — Ташкент: Фан, 1971. — 672 с.
5. Уломов, В.И. Внимание! Землетрясение! / В.И. Уломов. — Ташкент: Изд-во «Узбекистан», 1971. — 160 с.
6. Уломов, В.И. Сейсмическая опасность и «синдром» землетрясений / В.И. Уломов // Медицина катастроф. — 1996. — № 1 (13). — С. 72–80.
7. Цивилизация глазами катастроф: природных и социальных / А.В. Викулин, И.Ф. Вольфсон, М.А. Викулина, А.А. Долгая; Камчатский государственный технический университет, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Российское геологическое общество. — Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. — 236 с.
8. Pechenkin, I.G. Professor T.G. Ilyina contribution in formation of Medical Geology fundamentals / I.G. Pechenkin, E.V. Kremkova // 7th International Conference on Medical Geology (MedGeo 2017). Conference Materials, 28 August — 01 September 2017, Moscow, Russia / Publishing House of I.M. Sechenov. First MSMU. — М.: 2017. — Pp. 44–45.

© Кремкова Е.В., Печенкин И.Г., 2018

Кремкова Елена Витальевна / ekremkova@yandex.ru
Печенкин Игорь Гертудович / pechenkin@vims-geo.ru

УДК 622.234.5.278.324.5

Брюховецкий О.С., Косьянов В.А. (МГРИ-РГГРУ)

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕДОВЫХ УГЛЕХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО И ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Обосновывается необходимость использования углей не только в их традиционных способах употребления, но и в глубокой их переработке в газообразное и жидкое состояние, с целью частичной замены природных нефтей и газа в энергетике и в нефтегазохимии. Рассмотрена перспективная комбинированная технология — скважинная гидроструйная технология и подземная газификация угля,

*отмечены преимущества и возможности развития этого направления современной углехимии для получения из газа подземной газификации угля искусственного жидкого топлива. **Ключевые слова:** угольное топливо, углехимия, скважинная гидроструйная технология добычи и переработки угля, переработка угля в жидкое топливо.*

Bryukhovetskiy O.S., Kosyanov V.A. (MGRI-RGGRU)
FOR QUESTION OF USE ADVANCED COAL-CHEMICAL
TECHNOLOGIES TO RECEIVE AND LIQUID FUEL

*The necessity of use coals not only in their traditional methods of usage, but in the processing into gaseous and liquid state is substantiated with purpose of partial replacement of natural petroleum and gas in power engineering and petroleum-gas-chemistry. Perspective combine technology — borehole hydro-spurt technology and underground gasification is considered; the advantages and possibilities of development this directin of up-to-date coalchemistry in order to receive from gas of underground gasification coal artificial liquid fuel are noted. **Key-words:** coal fuel, coalchemistry, borehole hydrospurt technology of mining and processing coal into liquid fuel.*

В мире широко развивается направление передела углей в жидкое топливо. Связано это в первую очередь с востребованностью удобного хранения и транспортировки высокоэффективного топлива высокой стоимости на мировом рынке, подобно нефти и газу, цена которых постоянно росла в период с 2000 по 2014 гг.

В 2014 г. цены на нефть и газ существенно упали и разработки по производству жидкого топлива из добываемого угля становятся экономически малорентабельными или даже убыточными. Но интерес к этому производству не будет снижаться, так как запасы углей в мире чрезвычайно велики, тогда как запасы нефти и газа катастрофически быстро истощаются, а востребованность в продуктах нефтехимии и газохимии, особенно в жидком и газообразном топливе, все больше возрастает. В связи с этим возникает необходимость в использовании углей всех марок не только в их традиционных способах употребления, но и в глубокой их переработке в газообразное и жидкое состояние с целью частичной замены природной нефти и природного газа в энергетике и в нефтегазохимии.

Необходимость такого перехода энергетики России на угольное топливо сегодня уже получает все большую поддержку. Остальных топливных ресурсов хватит на значительно меньший срок, а их стоимость гораздо выше. В России разница в цене на уголь, газ и нефть пока не настолько велика как, например, в Европе, но положительная динамика роста цен на нефть и газ, по сравнению с углем, очевидна. За последние годы (исключая 2014 и 2015 гг., вследствие политических обстоятельств, направленных против России) цена на нефть и газ выросла на порядок (в десять раз), а на уголь — в полтора-два раза. Из расчета потребления топлива на 2000 и последующие годы мировых нефтяных запасов хватит примерно на 48 лет, газа — на 60 лет, а угля — более чем на 220 лет (имеются в виду подтвер-

жденные промышленные запасы). Мировые запасы угля огромны, и Россия стоит в списке обладателей этих ресурсов на втором месте — 157,9 млрд т после США — 233,7 млрд т [1]. В структуре потребления первичных энергетических ресурсов России уголь занимает всего лишь 18 %, тогда как нефть — 21 %, а газ — 52 %.

Каждый год потребление угля в мире растет на 5 %. Однако угольное топливо в мировой энергетике используется значительно интенсивнее, чем в России.

Основные технологии переработки углей хорошо известны и широко применяются во всем мире:

- коксование (получение масел, ароматических соединений и коксового газа);

- получение водоугольного топлива (получение гуминовых препаратов);

- гидрогенизация (получение моторных топлив, бензолов и фенолов);

- полукоксование (получение жидкого топлива, химического сырья и адсорбентов широкого профиля);

- газификация (получение метанолов, жидкого топлива и углеводородов);

- сжигание (углеграфитовые материалы, сажа).

Из этих перечисленных основных направлений глубокой переработки углей наиболее перспективны: коксование, получение водоугольного топлива, гидрогенизация, газификация и подземная газификация углей.

Принимая во внимание экономическую эффективность получения горючих газов из углей для энергоснабжения и теплоснабжения населения поселков и городов, большое практическое значение имеет применение станций (комплексов) подземной газификации углей.

Главное преимущество данного направления — отсутствие огромных затрат при добыче угля (при открытых и подземных его разработках) и масштабных разрезов при разработках открытым способом, т.е. сохранение экологии в районах разработки угольных месторождений (не образуются отвалы и терриконы из вскрышных пород и пород обогащения угля, занимающие значительные площади земель).

На наш взгляд особенно эффективным может быть комплексное использование скважинной гидроструйной технологии (СГСТ) и подземной газификации угля (ПГУ). На сегодняшний день использование СГСТ в системах ПГУ заключается в проходке гидроразмывом газопроницаемого канала для сбойки скважин, от эффективности формирования которого во многом зависят качественные показатели производства генераторных газов — товарной продукции комплекса СГСТ+ПГУ в целом.

В частности, в отличие от основных альтернативных методов формирования газопроницаемого канала (огневая фильтрационная сбойка, гидроразмыв, бурение скважин) в технологии СГСТ+ПГУ многократно увеличивается первичная площадь соприкосновения термического агента с угольным пластом; возможна надежная пространственная сбойка нагнетательной и газоотводящей скважин; ситуационный контроль огневого фронта и регулировка процесса горения пласта в целом; возможность крепления кровли угольного

пласта и закладки выгоревшего пространства для предотвращения проседания земной поверхности.

Кроме того, целесообразно в ряде случаев использование СГСТ в системах скважинной гидродобычи (СГД) угля как без предварительной подготовки массива, так и с рыхлением угольного массива взрывом в зажатой среде. Основным акцент здесь делается на то, что товарной продукцией добычного комплекса является угольная пульпа, а это — полуфабрикат практически для всех направлений углехимии, и было бы нерационально складировать его на картах намыва, а затем осушать, перелопачивать, транспортировать потребителям и, в дальнейшем, утилизировать всеми имеющимися способами.

Гораздо эффективнее создать единый комплекс углехимической переработки, выданной на-гора пульпы, с включением в него обогатительного и собственно химико-технологического передела. Тогда товарной продукцией подобного комплекса может быть синтетическое жидкое топливо (СЖТ).

Предлагаемые системы СГД угля позволяют вовлекать в эксплуатацию мелкие (по принятым масштабам) месторождения и, тем более, находящиеся в сложных горно-геологических условиях залегания (большой коэффициент вскрыши, сложная морфология, сильная обводненность, высокая категория опасности по пыли и газу, и проч.).

В свою очередь, освоение подобных месторождений высокоэкологичным методом (отсутствует необходимость отчуждения земель под отвалы), не требующим производства высокочрезвычайных вскрышных и горно-проходческих работ, в комплексе с использованием быстровозводимых малоплощадных модулей обогащения и химической переработки, позволит обеспечить региональных потребителей местным топливом — СЖТ, затраты на производство которого ожидаемо меньше за счет сокращения (как во временном, так и в денежном выражении) затрат на добычу и предварительную подготовку исходного сырья — угля. По нашему мнению, именно неучет данного фактора — способа получения исходного продукта углехимии и его физического состояния при добыче является во многом сдерживающим фактором для развития всех направлений углехимии.

Водоугольное топливо

Среди известных технологий углехимии большой интерес представляет технология водоугольного топлива (ВУТ), которая возникла с появлением в 1950–1960 годы технологий гидротранспорта угля и получила широкое распространение в ряде стран, особенно в 1980–1990-е годы (рис. 1).

Необходимость утилизации обводненной угольной мелочи привела к разработке т.н. водоугольных суспензий (ВУС) и методов их утилизации (сжигания). Дальнейшее совершенствование технологии (улучшения реологических характеристик ВУС и ее стабильности) привело к созданию водоугольного топлива (ВУТ). Водоугольное топливо, водоуголь — жидкое топливо, которое получают путем смешивания измельченного угля, воды и пластификатора. Водоугольное топливо используется на теплогенерирующих объектах, в

основном как альтернатива природному газу и мазуту. Технология ВУТ позволяет существенно сократить затраты при производстве тепловой и электрической энергии. ВУТ имеет заданные реологические (вязкость, напряжение сдвига), седиментационные (сохранение однородности в статических и динамических условиях) и топливные (энергетический потенциал, полнота выгорания органических соединений) характеристики. Параметры ВУТ четко регламентированы национальными стандартами, которые могут применяться в качестве эталона (таблица). Для водоугольного топлива характерны следующие свойства: температура воспламенения — 800–850 °С; температура горения — 950–1150 °С, теплотворная способность — 3700–4700 ккал. Степень сгорания углерода — более 99 %. Водоуголь пожаро- и взрывобезопасен.

Для приготовления ВУТ используют, как правило, высококачественные энергетические угли с низким содержанием серы и золы. Принципиальная схема производства ВУТ представлена на рис. 2.

Основной принцип в приготовлении водоугольного топлива заключается в обеспечении стабильности из-

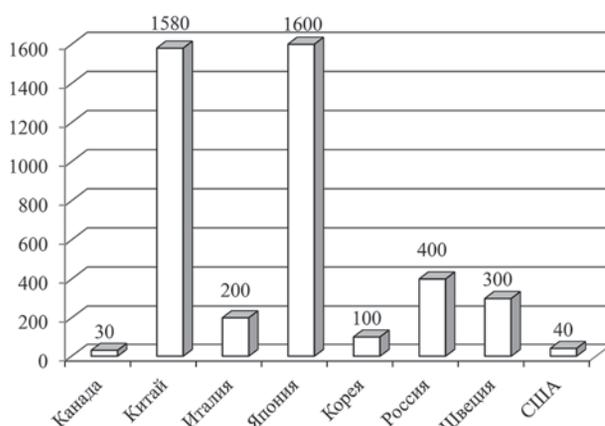


Рис. 1. Производство (итоговое) ВУТ в различных странах в период с 1983 по 1995 гг. (тыс. т)

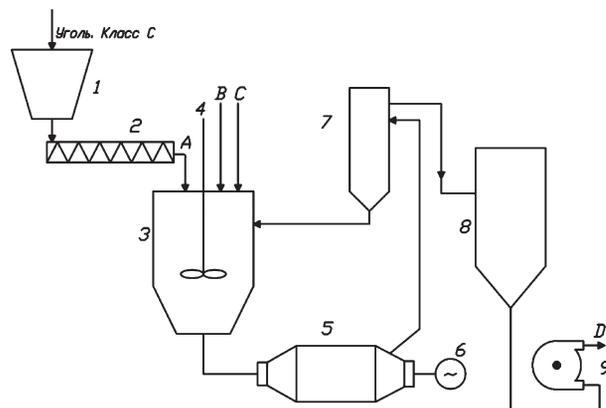


Рис. 2. Принципиальная технология производства ВУТ: 1 — угольный бункер; 2 — шнековый питатель; 3 — смеситель; 4 — мешалка; 5 — шаровая барабанная мельница мокрого помола; 6 — электропривод; 7 — гидроциклон; 8 — промежуточный бак; 9 — расходный перистальтический насос. А — сырой уголь; В — вода; С — добавки; Д — готовое ВУТ

Характеристика водоугля по классам его качества

Параметры	I КЛАСС	II КЛАСС	III КЛАСС	Стандарт Китая
Содержание угля, %	≥65	63-65	60-63	GB/T18856.2
Вязкость	≤ 1200 мПа/с			GB/T18856.4
Теплота сгорания (низшая), Ккал	≥ 4700	4420-4660	4000-4420	GB/T 213
Зольность, %	≤ 6	6-8	8-10	GB/T 213
Содержание серы, %	≤ 0,35	0,35-0,65	0,65-0,80	GB/T 214
Температура плавления золы	≤ 1250			GB/T 219
Частицы более 300 мкм, %	≤ 0,05	0,05-0,20	0,20-0,80	GB/T18856.3
Частицы до 75 мкм, %	≥75,0			
Содержание летучих, %	>30	20-30	≤ 20	GB/T18856.7

мельчения угля с заданными параметрами и четкого соблюдения концентраций вспомогательных веществ (присадок-пластификаторов), что приводит к улучшению реологических свойств и стабильности процесса горения.

Факельное (камерное) сжигание является на сегодня основным способом сжигания ВУТ, особенно в котлах средней и большой мощности. Геометрия котлов, как правило, позволяет организовать факел внутри камеры сгорания таким образом, чтобы частицы угля, входящие в состав ВУТ, могли полностью прогореть. К недостаткам способа можно отнести достаточно высокие требования к горелочному устройству котла (форсунке).

При сжигании ВУТ в кипящем слое струя топлива подается на нагретый слой инертного материала. Частицы водоугольного топлива, попадающие на кипящий слой, практически мгновенно воспламеняются. Несомненными преимуществами данного способа сжигания являются относительная простота реализации на котлах небольших мощностей, достаточно большой диапазон регулирования мощностей работы котла (без потери КПД), невысокие требования к качеству подаваемого топлива.

При сжигании ВУТ в кипящем слое возможны технологические решения по реализации режима газификации ВУТ (пиролиза), для которого ВУТ является идеальным сырьем. В этом случае сжигание осуществляется в две стадии: газификация и непосредственное сжигание полученных газов. В зависимости от технологических особенностей возможна комбинация методов сжигания. Синтез-газ, полученный на стадии газификации, попадая в топку котла увеличивает стабильность горения ВУТ. Недостатком метода на сегодняшний день является отсутствие серийно выпускаемых котлов.

Существенными недостатками технологии по производству ВУТ являются высокая металло- и энергозатратная составляющие. Так, для традиционных технологий энергозатраты составляют:

предприятие по производству ВУТ компании Yanqi CWM Ltd (Китай) — 248,18 кВтч/т готовой продукции;
ОПУ «Белово Новосибирск», (Россия) — 192 кВтч/т;
исследовательский центр по угледобыче (Япония) — 86,12 кВтч/т.

Другой проблемой, ограничивающей применение ВУТ, является наличие избыточной влаги. Совершенно очевидно, что влага, которая может составлять до 40 % ВУТ, является балластом и часть энергии от сгорания угля тратится на энергию фазового перехода воды из жидкого состояния в газообразное.

Гидрогенизация

Гидрогенизация — процесс превращения высоко-

молекулярных веществ органической массы угля под давлением водорода в жидкие и газообразные продукты при 400–500 °С в присутствии различных веществ — органических растворителей, катализаторов и т.д. При гидрогенизации происходит сжижение исходного продукта и насыщение его водородом. При этом параллельно-последовательно протекают разнообразные реакции, в том числе гидрирование с присоединением водорода, расщепление гидрированных высокомолекулярных веществ на низкомолекулярные, изомеризация, восстановление кислородных, сернистых, азотистых соединений, сопровождающееся отщеплением от них гетероатомов и образованием воды, сероводорода, аммиака. В результате гидрогенизации высокомолекулярные органические вещества превращаются в смесь низкомолекулярных соединений, насыщенных водородом. В зависимости от условий процесса и глубины превращения органической массы исходного твердого топлива гидрогенизация позволяет превращать его в высококачественное моторное горючее (бензин, дизельное и реактивное топливо), котельное топливо и сырье для органического синтеза, в том числе моно- и полициклические ароматические углеводороды, фенолы, азотистые основания и др.

Для процесса гидрогенизации пригодны твердые горючие ископаемые, в которых отношение С:Н колеблется от 8 до 16, а выход летучих веществ на горючую массу не ниже 35–36 %. Наибольший выход жидких продуктов достигается при гидрогенизации углей невысокой стадии метаморфизма (бурых, газовых, длиннопламенных).

Прямая гидрогенизация угля является перспективным методом получения углеводородов. В настоящее время известно два основных, освоенных промышленностью, способа:

процесс Бергиуса — некаталитическая прямая гидрогенизация;

процесс Шредера — гидрогенизация угля в смеси с 1 масс. % молибденового катализатора.

В настоящее время себестоимость полученных таким способом углеводородов превышает аналогичные показатели при их производстве из нефти. Однако с истощением запасов нефти и ростом ее стоимости, а также с учетом значительности запасов угля гидрогенизация представляется весьма перспективной [2].

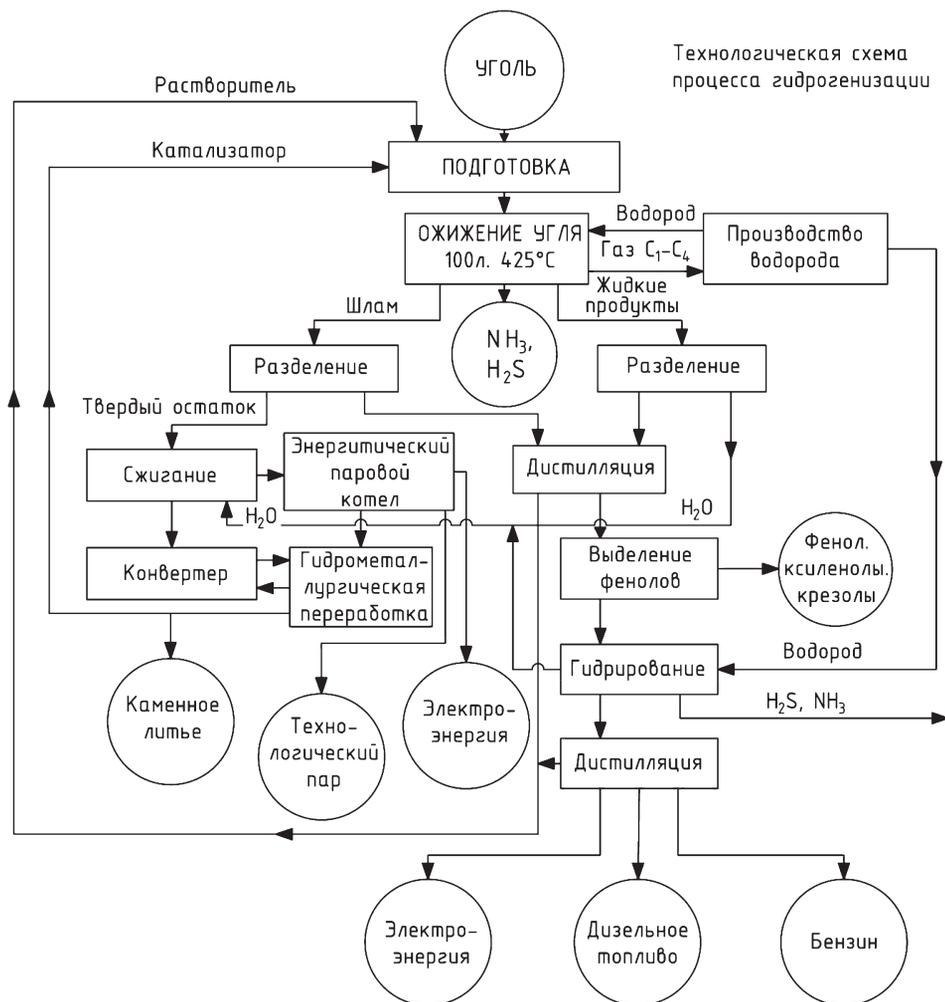


Рис. 3. Схема деструктивной гидрогенизации угля

Широкое распространение в мире получил способ *каталитической гидрогенизации* — *деструктивная гидрогенизация*. Деструктивная гидрогенизация в жидком состоянии технологически более удобна из-за лучшего контакта реагирующих веществ с гетерогенным катализатором (рис. 3). Поэтому с самого возникновения процесса деструктивной гидрогенизации твердого топлива последнее сначала переводят в жидкое состояние, а затем уже гидрируют. В качестве твердого сырья используются угли как гумусового, так и сапропелитового происхождения. К сырью предъявляют следующие требования. Угли должны быть малозольными (4–6 % золы в каменных и до 12–13 % в бурых углях), малосернистыми и сухими. Кроме того, они должны иметь определенный элементный и петрографический состав.

Гидрогенизация более богатых водородом сапропелитовых и липтобиолитовых твердых горючих ископаемых протекает при 350–380 °С и начальном давлении водорода 8,0–8,3 МПа. В этих условиях указанные угли полностью расплавляются и переходят в жидкое состояние, что благоприятствует процессу гидрирования.

Гумусовые угли в этих условиях только размягчаются. В зависимости от содержания углерода они могут подвергаться деструктивной гидрогенизации в большей

или меньшей степени. Хорошо гидрируются угли ранней или средней стадии зрелости.

На выход целевых жидких продуктов помимо содержания углерода влияет и входящий в состав угля кислород. Например, при гидрогенизации лигнитов и битуминозных углей низкой стадии зрелости, содержащих 73–77 % углерода, образуется 57–65 % жидких продуктов, тогда как при гидрогенизации более зрелых битуминозных углей, содержащих 80–88 % углерода, было получено 84–90 % жидких продуктов на органическую массу угля.

Другим направлением его термической обработки по способу *высокоскоростного пиролиза*. Суть процесса заключается в следующем. При нагревании органических соединений (углей) с большим ускорением проявляются взрывные реакции распада исходного органического вещества угля — деструкция угольных частиц из-за мгновенного вскипания входящей в их состав воды, что способствует еще более тонкому измельчению частиц и, соответственно, повышению их реакционной способности.

А это приводит к повышению степени превращения и выхода продуктов. На этой основе разработан процесс ЭНИН (рис. 4) изотермического высокоскоростного пиролиза, позволяющий значительно повысить выход жидких продуктов и улучшить их качествен-

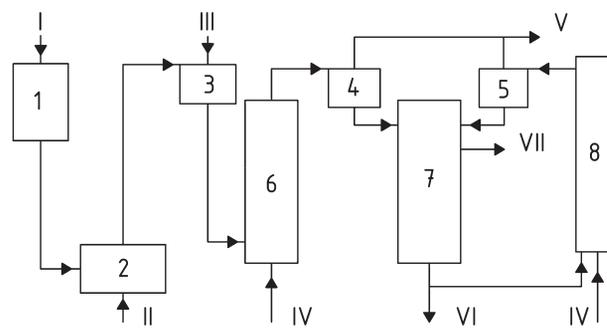


Рис. 4. Схема процесса высокоскоростного пиролиза угля по методу ЭНИН: 1 — бункер сырого угля; 2 — мельница; 3 — циклон сухой пыли; 4 — циклон горячей пыли; 5 — циклон горячего теплоносителя; 6 — реторта нагрева; 7 — реактор пиролиза; 8 — технологическая топка; I — сырой уголь; II — топочные газы; III — газы на дымосос; IV — воздух; V — газы в топку котла; VI — полукокк; VII — смола и газ пиролиза

ный состав. Пиролиз тонкоизмельченного угля проводится при его нагревании вначале газовым, а затем твердым теплоносителем. Выходящие из реактора продукты пиролиза подвергаются закалке за счет быстрого охлаждения и стабилизации. Смолу пиролиза разгоняют на фракции, которые подвергают гидрогенизационной переработке с целью получения товарных моторных топлив. Газ пиролиза и полукок используют как энергетическое топливо.

Метод передела углей с помощью гидрогенизации весьма перспективен, особенно для относительно дешевых сибирских углей, добываемых открытым способом. Сейчас около 70 % углей в стране добывается открытым способом, через 20—30 лет эта доля по мнению некоторых специалистов может увеличиться. Часть угля, в соответствии с энергетической Программой России, планируется перерабатывать в жидкое топливо, пригодное для транспортировки по трубопроводам на дальние расстояния.

Газификация и подземная газификация углей (ПГУ)

С помощью газификации органическая часть твердых горючих ископаемых (углей) превращается в так называемые генераторные газы или синтез-газ. В ходе процесса часть топлива сгорает, а за счет выделившегося при этом тепла протекают требуемые для газификации эндотермические процессы. В отличие от коксования в процессе газификации в газ преобразуется до 80 % горючих компонентов. Сам процесс менее требователен к составу и качеству исходного топлива (содержанию в нем балласта), а также к степени метаморфизма — могут использоваться бурые и каменные угли всех разновидностей. Полученные в ходе газификации генераторные газы используют в качестве топлива, а после очистки от H_2S , CS_2 , CO_2 — как источник водорода в производстве аммиака, смесь реагентов — в производстве метанола и жидких углеводородов.

Идея подземной газификации угля принадлежит Д.И. Менделееву. На поверхности земли это выглядит как экологически чистое промышленное производство, которое добывает горючий газ и производит электроэнергию и тепло, и практически ни в каком производственном цикле не наносит ущерб природе. При этом необходимо отметить безопасность и экономическую эффективность: отсутствуют затраты на добычу угля и нет затрат на дорогостоящее газифицирующее производство на поверхности земли, нет землеотводов ни на добычу угля, ни на расположение поверхностного газогенерирующего (газифицирующего) завода [3].

В 1920 г. в Германии Францем Фишером и Гансом Тропшем был разработан процесс преобразования синтез-газа в синтетическое жидкое топливо (синтез Фишера-Тропша).

В 1930—1940-е годы на основе технологии Фишера-Тропша было налажено производство синтетического бензина (когазин-I, или синтин) с октановым числом 40—55, синтетической высококачественной дизельной фракции (когазин-II) с цетановым числом 75—100 и твердого парафина. Сырьем для процесса служил уголь, из которого газификацией получали синтез-газ,

а из него углеводороды. К 1945 г. в мире имелось 15 заводов, использующих процесс синтеза Фишера-Тропша (в Германии, США, Китае и Японии), общей мощностью около 1 млн т углеводородов в год. Они выпускали в основном синтетические моторные топлива и смазочные масла.

Особым достоинством продуктов процесса Фишера-Тропша в отличие от продуктов, полученных из нефти, является практически полное отсутствие в их составе серо- и азотосодержащих соединений и незначительное содержание ароматических углеводородов, что устраняет образование токсичных оксидов серы и азота при сгорании таких моторных топлив в двигателях и тем самым решает экологические проблемы моторных топлив.

В зависимости от условий синтеза и видов катализатора из смеси окиси углерода и водорода можно получать бензин, дизельное топливо, парафин, церезин, а также метанол и высшие спирты, а при взаимодействии синтез-газа с олефинами — альдегиды и спирты.

С конца 1940-х до начала 1960-х годов имелись промышленные установки получения синтетического жидкого топлива (СЖТ). Потом в связи с низкими ценами на нефть они были переделаны для других целей. Изучение процессов образования СЖТ проводилось в теоретическом плане. Однако в последние годы в ряде стран приступили к промышленному использованию этих процессов.

Лидером в этой области является ЮАР, где к 1985 г. действовало 3 завода по производству СЖТ из угля по методу Фишера-Тропша суммарной мощностью 12000 т/сут. Кроме синтез-бензина на этих заводах получают дизельное топливо, полимер-бензин (алкилат), газоль, этанол, метанол, этилен, серу, смолы, парафин, аммиак, водород и другие продукты.

Кроме заводского производства синтез-газа из добытого и привезенного угля в СССР производилась промышленная добыча синтез-газа по методу подземной газификации углей на 5 станциях «Подземгаз» с 1948 г. до 1990-х годов, а одна станция и в настоящее время работает, снабжая синтез-газом ТЭЦ. В перспективе стоит задача создания единого комплекса по производству жидкого топлива из синтез-газа, получаемого путем подземной газификации углей.

О перспективах технологии подземной газификации углей (ПГУ)

Суть процесса заключается в подземном выжигании угля при ограниченном доступе кислорода, в результате чего образуется оксид углерода (CO — угарный газ) в большей степени, чем диоксид углерода (CO_2 — углекислый газ), а также в небольших количествах метан и водород (порядка 1—2 % каждого компонента). Диоксид углерода, метан и водород, являясь горючими компонентами, в совокупности образуют горючий газ — синтез-газ, пригодный для промышленного использования в топках котельных и электростанций.

Технология подземной газификации состоит в бурении двух скважин до подошвы угольного пласта: одна дутьевая, через которую подается воздух в камеру выжи-

гания, другая скважина отводит генерируемый газ при неполном сжигании угля на поверхность земли, где впоследствии используется по назначению (как газообразное топливо или для производства жидкого топлива (рис. 5). Дутьевая скважина соединяется с газоотводящей газопроницаемым каналом. Методы создания каналов газификации различные: огневая фильтрационная сбойка скважин; гидравлический разрыв угольного пласта жидкостью; бурением; электрическим воздействием; направленными взрывами и др. На подошве у дутьевой скважины производят розжиг угольного пласта и с помощью дутья воздухом поддерживается горение угля под землей, при этом отводящая скважина с помощью газового насоса создает необходимое движение генерированной газовой смеси — синтез-газа. Таким образом, две скважины, связанные одним процессом горения, постепенно от дутьевой скважины до газоотводящей выжигают угольный пласт от подошвы до его кровли, а ширина охвата зависит от физических свойств угля и достигает нескольких метров [3].

Отличительной технологической особенностью подземной газификации угля является направление движения огневого забоя, дутья и газовых продуктов газификации. В зависимости от этого по технологическому признаку выделяют четыре метода подземной газификации угля: прямой, обращенный, фронтальный и поточный. Эти методы отличаются друг от друга направлением движения огневого забоя, дутья и газовых продуктов газификации.

На сегодняшний день подземная газификация угля является конкурентоспособной технологией, в результате использования которой производятся бензин, дизельное и авиационное топливо и множество различных химических веществ. Для подземной газификации угля не требуется внешнего источника воды, что является основным положительным фактором для сохранения окружающей среды в противоположность водоемким процессам добычи, переработки угля и получения электроэнергии на угольных ТЭС.

ПГУ выделяется нами как одно из перспективных направлений отечественной углехимии и является равнозначным направлением ее развития, наряду с такими технологиями, как коксование, получение водоугольного топлива и гидрогенизация. Поскольку это направление относится к горным технологиям, соответствующим профилю нашего вуза и поскольку именно в этой области знаний нами накоплен значительный опыт исследований, мы считаем, что ПГУ обладает большим потенциалом развития и модернизации. Используя собственные разработки в области скважинной гидроструйной технологии (СГТ) представляется целесообразным применить эти два метода (ПГУ и СГТ) для улучшения

технико-экономических показателей основного технологического процесса ПГУ — выжигания угля с получением более качественного продукта при одновременном расширении спектра его применения.

Исходя из этого, рассматривая в основном горные аспекты преимуществ технологии ПГУ, отметим следующее.

Во-первых, при использовании данной технологии отсутствует необходимость отчуждения земель под отвалообразование (вскрыша, пустые породы, проч.) и складирование поднятого на-гора угля. Если учесть, что в настоящее время в России в эксплуатации находится более 120 шахт и около 180 разрезов с общей годовой производительностью 112 и 227 млн т соответственно, то нетрудно представить, какие объемы земель находятся в отчуждении и каких колоссальных затрат требует ведение этого хозяйства. В этом отношении технология ПГУ значительно более экологична и экономична.

Во-вторых, сырьевой базой ПГУ являются месторождения практически всех видов и сортов углей, а также месторождения, находящиеся в сложных горно-геологических условиях залегания (сложная морфология, сильная обводненность, проч.) и мелкие месторождения, отработка которых традиционными способами нерентабельна. При этом такие условия эксплуатации, как высокая взрыво- и пожароопасность переходят в категорию положительных. Это указывает, в частности, на высокую конкурентоспособность метода.

В-третьих, более 60 % угольных шахт России взрывоопасны (метан, угольная пыль), а 50 % — пожароопасны; имеется высокий процент аварийности (обрушение пород, прорыв подземных вод и т.п.). Технология ПГУ полностью исключает подземный человеческий труд и соответственно связанные с этим риски и профзаболевания (уровень профзаболеваний шахтеров в 9 раз превышает средние показатели по промышленности).

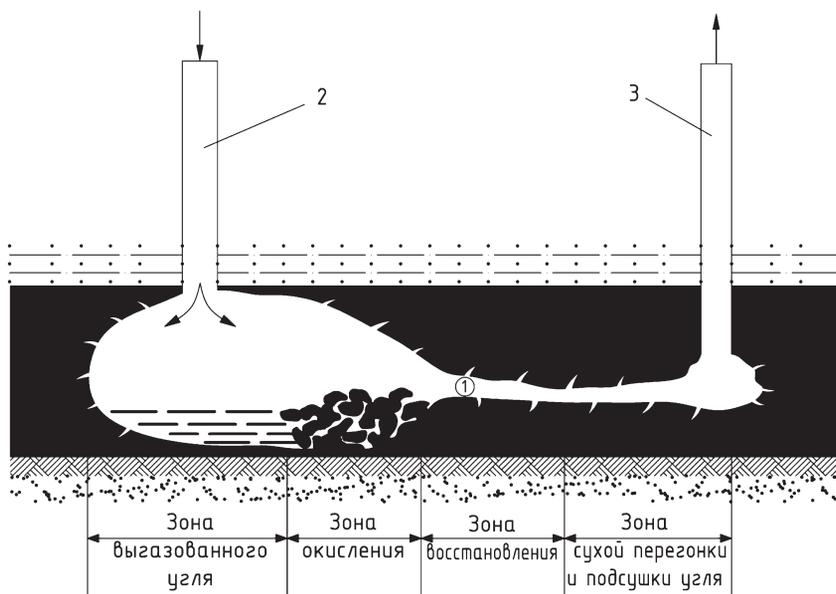


Рис. 5. Схема подземной газификации угля: 1 — генерация синтез-газа при выжигании угля; 2 — нагнетающая воздух скважина (дутьевая); 3 — отводящая синтез-газ скважина (отводящая)

И, наконец, в-четвертых, в России накоплен достаточно представительный опыт подземной газификации углей на 3-х буроугольных и 2-х каменноугольных месторождениях в 5-и регионах бывшего СССР за период эксплуатации подземных газогенераторных станций с 1948 г. по настоящее время.

Задача состоит в том, чтобы учесть все ошибки и, опираясь на достигнутые положительные результаты, модернизировать и развивать данное направление для нужд современной углехимии, в первую очередь получения из газа подземной газификации угля искусственного жидкого топлива — методом каталитической конверсии окиси углерода и водорода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бежанова, М.П.* Научно-информационный справочник «Ресурсы, запасы, добыча, потребление и цены важнейших полезных ископаемых мира» / М.П. Бежанова, Л.И. Стругова — М.: ОАО «ВНИИЗАРУ-бегеология», 2015.
2. *Голицын, М.В.* Перспективы развития технологического использования углей в России. Новые идеи в геологии нефти и газа / М.В. Голицын, В.И. Вялов, А.Х. Богомол, Н.В. Пронина и др. // Георесурсы. — 2015. — № 2(61).
3. *Брюховецкий, О.С.* Комплексное использование скважинных углехимических технологий для получения синтетического топлива / О.С. Брюховецкий, И.Ю. Найденко, Н.Д. Муралев, Л.А. Байрамгулова // Известия вузов. Геология и разведка. — 2016. — № 2.

© Брюховецкий О.С., Косьянов В.А., 2018

Брюховецкий Олег Степанович // bos.rggru@mail.ru
Косьянов Вадим Александрович // gs.rggru@mail.ru

УДК 330

Дадыкин В.С., Дадыкина О.В. (ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»)

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИНДИКАТОРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ НА УРОВНЕ РЕГИОНА

*Рассмотрен портал экономической безопасности региона как инструмент проведения комплексной оценки уровня экономической безопасности. Авторами предложена информационная система, содержащая репрезентативные показатели для оценки текущего состояния индикаторов экономической безопасности в геолого-экономическом мониторинге на уровне региона и прогноза развития на долгосрочную перспективу. **Ключевые слова:** экономическая безопасность, информационный портал, информационная система, региональная экономика.*

Dadykin V.S., Dadykina O.V. (Bryansk State Technical University)
INFORMATION SYSTEM OF INDICATORS OF ECONOMIC SECURITY IN GEOLOGICAL-ECONOMIC MONITORING AT THE LEVEL OF THE REGION

Expenditure portal of economic security of the region as a tool for conducting an integrated assessment of the level of economic security. The authors proposed an information system containing representative indicators for assessing the current

*state of economic security indicators in geological and economic monitoring at the regional level and the forecast for long-term development. **Keywords:** economic security, information portal, information system, regional economy.*

Анализ экономической ситуации показывает, что реализация Государственной программы обеспечения национальной безопасности сегодня происходит в иных макроэкономических условиях по сравнению с теми, которые использовались при ее разработке. Стабильное и устойчивое развитие региона на базе непрерывного роста экономики основано на разработке эффективных форм и методов, способствующих своевременному реагированию и противостоянию постоянно изменяющимся факторам внешней среды, эффективному использованию ресурсного потенциала. При этом устойчивое социально-экономическое положение региона невозможно без анализа, оценки, непрерывного мониторинга и разработки сценариев развития на основе формирования системы развития потенциала отечественной промышленности и тем самым ухода от сырьевой ориентации экономики. С целью диверсификации экономической системы и поиска инструментов, с помощью которых можно планомерно перейти к промышленному сценарию развития отечественной экономики, нами предлагается разработать и внедрить в региональное и государственное планирование систему индикаторов экономической безопасности в геолого-экономическом мониторинге [7].

Минерально-сырьевой комплекс является базовой отраслью промышленности, а также основным источником бюджетных поступлений, от состояния и развития которого зависят многие макроэкономические показатели государства. Однако, в настоящее время вектор изучения проблематики минерально-сырьевого комплекса сместился на региональный уровень, что связано с появлением качественно новых угроз экономической безопасности в части минерально-сырьевой обеспеченности промышленности регионов.

Первостепенная цель минерально-сырьевого комплекса нашей страны состоит в необходимости обеспечения экономической безопасности на основе эффективной и ресурсосберегающей политики. Для достижения данной цели необходимо применять современные технологии и программные продукты в управлении минерально-сырьевым комплексом [6, 7].

Основная проблема управления минерально-сырьевым потенциалом заключается в отсутствии информационной системы, содержащей репрезентативные показатели для оценки текущего состояния и прогноза развития на долгосрочную перспективу. Для достижения этой цели нами предлагается комплекс индикаторов экономической безопасности в геолого-экономическом мониторинге, представленных в таблице.

Для оценки этих индикаторов на уровне региона нами предлагается все показатели разделить на элементы, системы, которые имеют соответствующие интегральные показатели. Это объясняется тем, что все составляющие элементы находятся в зависимости