

Многогранный уголь



Победителем премии «Глобальная энергия» 2021 года в номинации «Традиционная энергетика» стал научный руководитель Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН, директор Института углехимии и химического материаловедения в составе этого Федерального Центра, академик Российской академии наук Зинфер ИСМАГИЛОВ. Сегодня он – гость нашего журнала.



— Зинфер Ришатович, премию «Глобальная энергия» за фундаментальный вклад в химию углеродных материалов, гетерогенный катализ и борьбу с изменением климата вы получили в тот период, когда многие эксперты (как российские, так и зарубежные) ставят крест на будущем угольной отрасли. Каким будущее угольной промышленности видите вы?

— Будущее угольной генерации вполне очевидно: 20–25 лет она ещё точно будет востребована. Но я бы не стал его списывать даже после 2050 года. Другое дело, что потребуются новые чистые технологии производства и переработки угля, над которыми уже сегодня серьёзно работают учёные России и мира.

Уголь — самое дешёвое и доступное топливо. Его запасы огромны. А человечеству нужна дешёвая доступная энергия. Такие страны, как Индия, Китай широко используют уголь в электроэнергетике и пока не думают от него отказываться. Они реально оценивают ситуацию: имеющихся запасов нефти и газа в мире надолго не хватит, а для полного перевода экономики на «зелёную» энергетику потребуются десятилетия.

— А каковы перспективы угольной отрасли в России?

— У нас ежегодно добывается порядка 440 млн тонн угля. Год назад были опубликованы Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года (распоряжение от 13.06.2020 № 1582-р) и Энергетическая стратегия России до 2035 года, где для угольной отрасли прописано

несколько сценариев: оптимистический, пессимистический и стабильный. И во всех сценариях к 2035 году планируется увеличение добычи угля. Причём если по пессимистическому варианту ожидается добыча в 485 млн тонн, то по оптимистическому — 668 млн тонн. Конечно, в связи с пандемией могут быть некоторые уточнения по параметрам, но они не будут кардинальными.

— Куда же мы будем девать столько угля?

— Вопрос непростой. Прежде всего, будет расти экспортная составляющая. Если проанализируем угольные рынки за последние 10 лет, то увидим, что западный сегмент все эти годы сжимался, восточный — увеличивался. Но в этом году из-за энергетических проблем в Европе в западном сегменте спрос на уголь, в том числе на российский, пошёл вверх. Одновременно увеличиваются поставки в восточном направлении — с 200 млн тонн в 2019 году до 260–290 млн тонн в 2035 году. Сдерживающим фактором экспорта в восточном направлении является недостаточная пропускная способность наших транспортных магистралей. В настоящее время строится Восточный полигон, который во многом поможет решить эту проблему.

— В нашей стране всего 14 % электроэнергии вырабатывается на угле: в европейской части страны закрыты практически все электростанции — работает одна. Программа модернизации ТЭС, осуществляемая в нашей стране, также ориентирована в основном на перевод угольной генерации на природный газ. Нормально ли это?

— На самом деле доля угля в энергобалансе страны вполне приемлема. Думаю, она будет оставаться в районе 8–12% ещё очень долгое время, что объясняется прежде всего экономической нецелесообразностью замены угольных станций на любые другие. Замена угольной генерации — очень дорогостоящий проект. И он приемлем там, где электростанция расположена близко к источнику газоснабжения. В Сибири и многих территориях Дальнего Востока всё-таки предпочтительнее угольные станции. Тем более, что наука достигла хороших результатов в области культуры сжигания угля — это технологии создания и использования водоугольного, пылеугольного топлива, технологии газификации угля и т.д. Резервы для угольной генерации у нас достаточно большие. И я присоединяюсь к мнению многих учёных, что именно следующие научные и технологические достижения повлияют на будущее угольной отрасли, безопасность угольной генерации и на изменение отношения к углю:

1. Пылевидный уголь (ПУ) в спутном потоке при атмосферном или избыточном давлении.
2. В кипящем слое при атмосферном давлении (КСА).
3. В кипящем слое под давлением (КСД).
4. В циркулирующем кипящем слое (ЦКС).
5. С жидким шлакоудалением (ЖШ).
6. Водо- и мазуто-угольные суспензии в спутном потоке (ВУС).
7. Комбинированный парогазовый цикл со сжиганием в кипящем слое под давлением.
8. Комбинированный парогазовый цикл с комплексной газификацией угля (Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC). В рамках этого процесса синтетический газ, получаемый из угля, обработанного горячим паром и сжатым воздухом либо кислородом, очищается от вредных примесей и сжигается в газовой турбине для получения тепло- и электроэнергии. Чистое сжигание и высокий КПД, превышающий 50%.
9. Микропомол каменного угля, доведение его с помощью специальных мельниц до такого состояния, когда он начинает гореть не хуже газа.
10. Использование водно-угольного топлива (ВУТ).
11. Организация топочного процесса по новому термодинамическому циклу — Allam Cycle (NET Power) для 100-процентного усваивания углерода и повышения КПД до 50–52% на угле.

Угольную генерацию часто упрекают в том, что она, помимо тепловой и электрической энергии, генерирует золошлаковые отвалы, которые негативно влияют на экологию. Но почему появляется отвал?

Потому что нужно сжигать обогащённый уголь. А с этим у нас есть проблемы. Если говорить о защите экологии в целом, то надо рассматривать не только очень важные технологии очистки дымовых газов и утилизации золошлаковых отходов, а всю цепочку с начала. Экологичными должны быть добыча угля, его переработка, транспортировка, сжигание, очистка «хвостовых» и дымовых газов и т.д. И по всем звеньям этой цепочки имеются большие резервы, способные сделать генерацию максимально экологичной.

— **Кузбасс является угольной житницей России. В то же время это один из самых неблагоприятных регионов для жизни в плане экологии. Год назад здесь начали реализовывать программу «Чистый уголь — зелёный Кузбасс». Ваш институт участвует в её реализации?**

— Безусловно, мы активно участвуем во всех аспектах этой программы, занимаемся вопросами снижения выбросов углерода при добыче угля, созданием новых материалов из угля, работаем по экологическим программам, в том числе по подготовке проекта карбонового полигона.

А если говорить об уровне загрязнений, я бы не назвал Кузбасс самым неблагоприятным регионом. Мы входим в десятку крупных промышленных центров страны, где экологическая проблема стоит действительно остро. У нас есть промышленные города, которые постоянно попадают в рейтинг «самых грязных» городов страны, например, Новокузнецк. Но туда никогда не попадает Кемерово. При этом мы постоянно следим за концентрацией вредных веществ в воздухе. Важнейшая цифра — насколько превышает ПДК концентрация газовых компонентов — по CO_2 , по окислам азота, формальдегидов, бензопиренам и т.д., поскольку одна из наших научных задач — снижение вредных выбросов. Превышения порой очень большие.

В таких случаях объявляется режим «чёрного неба», когда администрация области обращается к руководителям предприятий и требует снизить мощности производства.

Чтобы улучшить экологическое состояние региона, по инициативе губернатора Сергея Цивилёва и была разработана комплексная программа «Чистый уголь — зелёный Кузбасс», от реализации которой мы ожидаем заметного эффекта.

— **В мире объявлен крестовый поход углекислому газу. Между тем, в общих выбросах парниковых газов он составляет всего 2%. Почему такая шумиха вокруг CO_2 ?**

— Антропогенный вклад от сжигания топлива действительно не такой большой по сравнению с природными эмиссиями, но, по мнению некоторых учёных, он может внести вклад в триггерный эффект. В целом проблема углекислого газа достаточно сложная и неоднозначная, в мире выполняются многие тысячи исследований учёных разных специальностей, при этом проблема имеет и экономическую, и политическую окраску, кроме обоснованных прямых экологических последствий.

Мы должны понимать, что предлагаемое Парижским соглашением снижение CO_2 не остановит вмиг повышение температуры на планете. По инерции на протяжении ближайших 15–20 лет рост температуры на Земле будет продолжаться. И только потом кривая роста, возможно, будет приостановлена.

Однако заниматься исследованиями по снижению выбросов CO_2 необходимо уже сейчас. Но, когда мы говорим на эту тему с угольными компаниями, часто слышим в ответ: «Да что вы, CO_2 такой хороший газ, он важен для природы». Для справки: простые расчёты показывают: при сжигании 1 тонны угля образуется 3 тонны углекислого газа. Природе, возможно, столько не нужно.

— **Существуют технологии улавливания CO_2 . Вопрос — куда девать «уловленный» газ?**

— Пробуются разные технологии. Некоторые нефтяные компании, например, стали закачивать CO_2 в выработанные нефтяные пласты, как раньше закачивали воду, и утверждают, что производят топливо с нулевым углеродным следом. Но это, на мой взгляд, не выход. Чтобы закачать углекислый газ в пласт, нужно давление. Для получения давления нужно сжечь метан или другое топливо. А при сжигании метана выделяется CO_2 . Вот такой круговорот.

Кроме того, нужно считать, сколько углекислого газа и куда можно закачать. Ведь тех ёмкостей, откуда были добыты нефть и природный газ, для закачки CO_2 не хватит.

Поэтому очень важно переходить на новые принципы работы с углекислым газом, и одним из перспективных направлений может быть его связывание в твёрдые продукты, например, реакция с компонентами золошлаковых отходов.

Недавно мы опубликовали подробный обзор, какие химические продукты можно получать из CO_2 . Существуют промышленные технологии, где используется CO_2 . Это, в первую очередь, производство мочевины, метанола, полимеров, моторных топлив и т.д. Но тут вопрос выходит на новый уровень: экономическая оправданность производства

этих продуктов. Как известно, Парижское соглашение вводит жёсткие ограничения по углеродному следу, что разрушает экономики стран, причём не только развивающихся, но и развитых, ставит под сомнение необходимость развития технологий использования CO_2 . Но мы же учёные, мы не можем отложить эту проблему и выполняем исследования по получению полезных продуктов из CO_2 .

Необходимо также добавить, что для угольных регионов остро стоит проблема переработки шахтного метана. Команда Института катализа СО РАН и нашего института, работающая по этой теме, реализует проект сухой конверсии метана, — когда в процессе превращения шахтного метана образуются водород и СО (синтез-газ). В процессе сухой конверсии метана происходит утилизация двух видов парниковых газов — CO_2 и метана. Мы подали заявку в Российский научный фонд на поддержку нашего проекта, ожидаем, как оценит Москва наши кузбасские проблемы.

— **Темы газификации угля, новых методов сжигания углей, создания чистых угольных технологий всегда были актуальными для российской энергетики. Далеко ли мы продвинулись в этих направлениях с советских времён? Какие направления довелось разрабатывать лично вам, чего удалось достичь и в какой степени востребованы ваши (вашего института) наработки и решения в электроэнергетике?**

— Тема газификации угля была особенно популярна до наступления газовой эры в России. Когда мы нашли большие залежи нефти и газа, угольные технологии были вытеснены на обочину.

Сегодня во всём мире идут интенсивные работы — научные, прикладные — по газификации угля. Технологий очень много, потому что они рассчитаны на разные марки угля. Крупные фирмы (Шелл, Сименс) предлагают свои технологии. Много установок по газификации угля действует в США, Австралии, Южной Африке, Китае. В России в 90-е годы были построены две установки по газификации угля — под Москвой и Красноярске. Но из-за свёртывания работ в области газификации они так и не были доведены до ума. Сегодня у нас существует единственная, очень, кстати, хорошая опытная установка на базе Томского политехнического института. Мы хотим объединить усилия учёных Кузбасса и Томска, привлечь угольные компании и масштабно заняться вопросами газификации угля.

— **Одним из ключевых трендов последнего времени стало развитие водородной энергетики.**

Ваш институт также разрабатывает эту тематику. Но сами энергетики считают, что водород — плохой энергоноситель. К тому же получение «зелёного» водорода — слишком дорогое удовольствие. Значит ли это, что путь водороду в энергетику закрыт, или у фундаментальной науки есть иные решения?

— Начну с того, что водород — очень опасный газ, у него широкий диапазон предела воспламенения в воздухе, т.е. взрывоопасности, — от 4% до 75%. (Если его концентрация в воздухе составляет менее 4 или более 75%, он не взорвётся. Во всех остальных случаях — да.) Этот интервал существенно больше, чем у метана и многих других газов.

Существуют большие проблемы с транспортировкой и хранением водорода. Вот, например, одна из них: при использовании трубопроводного транспорта чистый водород может разрушать металл, поэтому его и предлагают перегонять в смеси с метаном. Хранить его тоже не просто — нужны специальные материалы для ёмкостей.

Наш институт системно занимается водородными технологиями. Мы видим его перспективы, ви-

дим, где этот газ будет востребован. Вряд ли в ближайшие десятилетия водород займёт в энергетике то место, которое ему сегодня пророчат, но развивать это направление надо. Водород интересен тем, что получать его можно бесконечно, т.к. его основным возобновляемым источником является вода.

Мы с несколькими партнерами занимаемся получением водорода из шахтного метана, работаем по трём основным направлениям. Во-первых, из такого пока малоиспользуемого продукта, как шахтный метан, по реакции дегидроароматизации получаем два полезных химических продукта: из шести молекул метана образуются молекула бензола и девять молекул водорода.

Второе направление — каталитическое разложение метана, при котором образуются углеродные нановолокна и две молекулы водорода (2H_2). Углеродные нановолокна используются для получения уникальных композитных материалов, обладающих высочайшей прочностью, высокой тепло- и электропроводимостью, и востребованных в разных направлениях энергетики будущего. Водород — естественно для водородной энергетики.



И третье направление, о котором я уже говорил, — каталитическая сухая конверсия метана с получением синтез-газа.

Мы не замахиваемся на глобальное решение проблем. Цели наших исследований предельно конкретны: мы живём в угольном регионе, фокусируем внимание на проблемах региона и находим возможности для их решения.

Мне приятно, что комитет «Глобальной энергии» их оценил и присудил мне премию «Глобальная энергия». Эта победа — заслуга всего нашего коллектива — является итогом пятидесяти лет работы с коллегами из новосибирского Института катализа СО РАН и кемеровского Института углехимии и химического материаловедения ФИЦ угля и углехимии СО РАН. За эти годы по тематике номинации мы подготовили более тысячи публикаций, получили около двухсот патентов, защитили более тридцати кандидатских и шесть докторских диссертаций.

В конкурсную заявку в нашей номинации также вошли многие достижения, полученные в наших многочисленных международных проектах.

— **Как давно вы лично начали заниматься вопросами водородной энергетики?**

— Свою научную деятельность полвека назад я начинал именно с водорода. Мой научный руководитель академик Георгий Константинович Борсков, чьё имя сейчас носит Институт катализа СО РАН, предложил мне написать дипломную и аспирантскую работы по водороду. Коллеги на нас тогда смотрели, как на ненормальных: зачем вам водород окислять и получать воду? Воды на Земле, что ли, мало? А мы занимались исследованием механизма беспламенного окисления водорода с получением тепла. Мы разработали катализаторы, на которых водород легко окислять, при этом пламя не образуется, а нагрев происходит. Это и сейчас очень перспективная технология, позволяющая решить вопросы безопасного использования водорода при производстве тепловой и электрической энергии.

Георгий Константинович мыслил глобально. Он понимал, что когда-нибудь мы обязательно придём к теме водорода. И был прав.

— **Вы как-то сказали, что в области переработки угля и углехимии добавленная стоимость может составлять 100 и более процентов. То есть, это колоссально прибыльный бизнес. Тогда почему у нас нет прорыва на этом направлении?**

— Потому что углехимические проекты довольно затратные и не приносят быстрой отдачи. Окупа-

емость большинства проектов — 5–7, а то и 10 лет. Многие наши угольные компании не хотят заниматься углехимией, ссылаясь на то, что это не их бизнес. А вот в КНР, например, подход совершенно иной. Крупные вертикально интегрированные угольные компании Китая диверсифицируют бизнес, вводят полный производственный цикл — от добычи угля до производства конечного углехимического продукта с высокой добавленной стоимостью.

Наши же угольщики, когда мы начинаем их убеждать на базе угольных компаний начать развивать углехимию, хватаются за голову: углехимия — это вонь, грязь, это ходить по колену в смоле и т.д. В итоге, продаём каменноугольную смолу на экспорт в Европу, где из этой смолы производят полезные востребованные продукты с высокой добавленной стоимостью и продают в том числе нам. В лабораториях зарубежных компаний выполняют полный цикл исследований и из нашей каменноугольной смолы, которая содержит более 300 компонентов, производят большой набор индивидуальных соединений, например, молекулу флуорена, на основе которой производятся полимеры для гибких мониторов.

Я видел углехимические производства в Германии, Бельгии, Чехии, Испании — никакой грязи, заводы утопают в зелени цветущих садов, кругом красота и свежий воздух.

Не занята у нас и ниша углеродного волокна. Как я уже говорил, это лёгкое сверхпрочное химическое волокно можно растягивать на километр, оно является замечательным компонентом для производства композитных материалов, востребованных в авиастроении, в космических технологиях, для нужд оборонной, атомной промышленности и т.д. Мы покупаем это волокно за границей, потому что наш бизнес не хочет заниматься его производством. Главная причина — это малотоннажное производство (углеродного волокна по некоторым оценкам требуется всего 200–300 тонн в год), потому и не интересно предпринимателям. Жаль, что бизнес зачастую живёт сегодняшним днём и не думает о перспективах. Иначе подход был бы другой.

Также мы покупаем за границей, а могли бы производить сами, связующие для анодов для алюминиевой промышленности и электрометаллургии.

— **Над чем вы работаете сейчас и какие направления в области углехимии считаете наиболее перспективными?**

— Прежде всего, скажу о том, что нам удалось создать банк углей Кузбасса, где собраны образцы

углей со 110 шахт области. Нас часто спрашивают, зачем нужен банк? Отвечаю: прежде всего, для реализации промышленных проектов в регионе. Зная характеристики угля, можно понять, какие продукты из него можно производить, с какой добавленной стоимостью, в каком районе Кузбасса лучше разместить производство.

Мы сделали малотоннажные стендовые установки, на которых можно вырабатывать инвестиционные продукты. Вот приходит инвестор, говорит: «Хочу посмотреть, что можно сделать из такой-то марки угля и сколько это будет стоить». Мы запускаем установку и демонстрируем все стадии переработки угля — в малом, конечно, масштабе, даём информацию о параметрах производства.

Одним из достижений нашего коллектива считаю технологию получения гуминовых веществ из бурых углей. В Кузбасском и Канско-Ачинском бассейне сосредоточены огромные залежи бурого угля, который характеризуется низкой калорийностью и поэтому не очень востребован.

Мы стали выделять из этих углей гуминовые вещества, которые являются мощным стимулятором роста для растений и могут использоваться совместно с минеральными удобрениями. Применение таких удобрений на опытных участках дало повышение урожайности на 35%, а на реальных сельхозпредприятиях урожайность повысилась на 10–15%.

Если по нашей технологии создать производство гуминовых веществ для посевных площадей всего Кузбасса (для этого нужно всего 2 тыс. тонн угля в год), то аграрный бизнес выйдет на качественно новый уровень, и эффект от повышения урожайности на 10% в Кузбассе может дать сельскому хозяйству дополнительный доход 1 млрд руб. Но пока заниматься этим у бизнеса желания нет.

Очень важным направлением в нашей работе является производство сорбентов из угля, которые используются для очистки воды от всевозможных загрязнений. Ежегодно в водоёмы Кузбасса сбрасывается 500 млн кубометров грязной воды. В России производится всего 8 тонн сорбентов, плюс в десять раз больше ввозится из-за границы.

Наш институт разработал хорошую технологию производства эффективных дешёвых сорбентов из наших местных углей, показал, как она работает, но довести её до промышленных масштабов пока не получается. Учитывая остроту экологических требований и нацеленность на экологизацию производства, эта тематика с созданием опытного производства включена в Комплексную научно-технологическую программу (КНТП) «Чистый уголь — зе-

лёный Кузбасс». Мы твёрдо надеемся, что это сдвинет дело с мёртвой точки.

В заключение хотел бы призвать угольные компании и угольную отрасль страны в целом коренным образом изменить свою производственную философию в свете современных и ближайших экологических и экономических вызовов, обратить больше внимания и инвестиции на научные исследования и перспективные технологии производства как энергии из угля, так и конечной продукции с высокой добавленной стоимостью. У нашего коллектива имеется достаточный опыт доведения исследований до промышленных технологий в других направлениях ТЭК, например, в добыче и переработке нефти.

При добыче нефти выделяется попутный нефтяной газ, содержащий сероводород, и возникает проблема его утилизации. На основании фундаментальных исследований мы нашли катализаторы, селективно образующие элементную серу из сероводорода без образования сернистых газов. Только на одной установке ПАО «Татнефть» за 10 лет по технологии «ДИРОКС»:

- Произведено 1,1 млрд кубометра очищенного товарного газа;
- Предотвращён выброс в атмосферу более 11 тыс. тонн диоксида серы и серной кислоты, это около 220 ж/д вагонов;
- Решением экологической проблемы обеспечена устойчивая добыча 70 млн тонн нефти.

На основании международного тендера в конкуренции с ведущими европейскими компаниями наша технология «ДИРОКС» принята ООО «Новатэк — Усть-Луга» в строительстве завода.

Другим важным достижением является инновационный процесс очистки жидких органических топлив от соединений серы, разработанный совместно с Saudi Aramco, запатентованный более чем в 20 странах.

Эти примеры показывают основы нашего подхода, глубокие фундаментальные исследования доводятся до патентования и создания опытных образцов и промышленных технологий в тесной кооперации с российскими компаниями и в международном сотрудничестве со многими странами. Это Институт углехимии и другие институты Китайской академии наук, ECN Нидерланды, NEDO и JATIS Япония, EMRS и 7-я рамочная программа Европейского союза, CNRS Франция, KAIST, KOSEF и KIER Корея, Национальные лаборатории США — LLNL и PNNL и многие другие.

— Спасибо за беседу. Успехов вам!

Беседовала Людмила ЮДИНА