РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№6(160), июнь 2021

Тема номера

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТКА И ЕЕ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ В НЕФТЕГАЗОХИМИИ

Содержание

3 **Слово редакторов**

От первого лица

4 **А. Новак.** Баланс углеводородных и возобновляемых источников энергии – климатическая и энергетическая безопасность планеты

Энергетика

12 **А. Панина.** Климатическая повестка: версия 2.0

Стратегия

24 **А. Дмитриевский, Н. Комков, М. Кротова.** Ресурсно-инновационный потенциал стратегического развития России

Химия

38 **С. Сайгаткина.** Новая звезда на химическом небосводе

50 **В. Пармон, Ю. Аристович, А. Брешев, А. Власов, Г. Оганесян, А. Саитова.** Конструктивная газохимия: тренды и горизонты развития в российских реалиях

68 **И. Иванова, О. Пономарева, Е. Андриако, Н. Нестеренко.** Инновации в области цеолитного катализа

Нефть

80 **С. Кудряшов, О. Акимов, А. Михайлов, А. Болдырев.** Проект длиною в 40 лет

88 **О. Акимов.** Успехи «Вьетсовпетро» вызвали волну интереса у ведущих нефтяных компаний мира к вьетнамскому шельфу

92 **А. Бакаев, Д. Коптев.** Маркировка нефти и нефтепродуктов

Contents

3 **Editor's Column**

In the first person

4 **A. Novak.** Balance of hydrocarbon and renewable energy sources – climate and energy security of the plane

Energy

12 **A. Panina.** Climate agenda: version 2.0

Strategy

24 **A. Dmitrievsky, N. Komkov, M. Krotova.** Resource and innovation potential of Russia's strategic development

Chemistry

38 **S. Saygatkina.** A new star in the chemical sky

50 **V. Parmon, Y. Aristovich, A. Breshev, A. Vlasov, G. Oganesyan, A. Saitova.** Constructive gas chemistry: trends and development horizons in Russian realities

68 **I. Ivanova, O. Ponamareva, E. Andriako, N. Nesterenko.** Innovations in the field of zeolite catalysis

Oil

80 **S. Kudryashov, O. Akimov, A. Mikhailov, A. Boldyrev.** 40 years long road

88 **O. Akimov.** The success of Vietsovpetro caused a wave of interest among the world's leading oil companies in the Vietnamese shelf

92 **A. Bakaev, D. Koptev.** The Marking of Crude Oil and Oil products

УЧРЕДИТЕЛИ

Министерство энергетики Российской Федерации, 107996, ГСП-6, г. Москва, ул. Щепкина, д. 42

ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики Российской Федерации, 129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1

ИЗДАТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики Российской Федерации, 129085, г. Москва, проспект Мира, д. 105, стр. 1

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В.В. Бушуев – акад. РАЕН и РИЭ, д. т. н., председатель совета, ген.директор ИЭС
А.М. Мастепанов – акад. РАЕН, д. э. н., руководитель Центра энергетической политики ИПНГ РАН
Д.А. Соловьев – к. ф.-м. н., ответственный секретарь совета
А.Н. Дмитриевский – акад. РАН, д. г.-м. н., научный руководитель ИПНГ РАН
Н.И. Воропай – член-корр. РАН, д. т. н., научный руководитель ИСЭМ СО РАН
А.И. Кулапин – д. х. н., ген. директор РЭА Минэнерго России
В.А. Крюков – акад. РАН, д. э. н., директор ИЭОПП СО РАН
Е.А. Телегина – член-корр. РАН, д. э. н., декан факультета РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина
А.И. Громов – к. г. н., директор по энергетическому направлению ФИЭФ
С.П. Филиппов – акад. РАН, д. э. н., директор ИНЭИ РАН
А.Б. Яновский – д. э. н., заместитель министра энергетики России
П.Ю. Сорокин – заместитель министра энергетики России
О.В. Жданеев – к. ф.-м. н., руководитель дирекции технологий ТЭК ФГБУ «РЭА»

Главный редактор
Анна Горшкова

Научный редактор
Виталий Бушуев

Обозреватель
Арсений Погосян

Корректор
Роман Павловский

Фотограф
Иван Федоренко

Дизайн и верстка
Роман Павловский

Адрес редакции:
129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1
+79104635357
GorshkovaAA@minenergo.gov.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77–75080 от 07.03.2019

Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК

При перепечатке ссылка на издание обязательна

Перепечатка материалов и использование их в любой форме, в том числе в электронных СМИ, возможны только с письменного разрешения редакции

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов

Редакция не имеет возможности вступать в переписку, рецензировать и возвращать не заказанные ею рукописи и иллюстрации

Тираж 1000 экземпляров

Периодичность выхода 12 раз в год

Цена свободная

Отпечатано в «ПБ «Модуль», 115162, Москва, Мытная улица, дом 48, цоколь пом. 2, ком. 1,3

Подписано в печать: 05.06.2021
Время подписания в печать по графику: 13:00
фактическое: 13:00

16+

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
RENWEX
«Возобновляемая энергетика и электротранспорт»
Международный форум «Возобновляемая энергетика для регионального развития»
22–24 ИЮНЯ 2021
Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР», павильон №3
КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ:
Развитие розничного рынка ВИЭ и необходимых технических решений
Нормативное регулирование ВИЭ
Использование ВИЭ для энергоснабжения удаленных и изолированных потребителей
Использование биотоплива и утилизация отходов
Международный опыт развития возобновляемой энергетики
Цифровизация современной энергетики
Развитие систем накопления энергии для промышленных потребителей и домохозяйств
Развитие электротранспорта и сопутствующей инфраструктуры
Реклама 12+
www.renwex.ru
При поддержке:
Под патронатом:
Организатор:

Виталий БУШУЕВ
Научный редактор журнала
«Энергетическая политика», акад. РАЕН и РИЭ, д. т. н.

Анна ГОРШКОВА
Главный редактор журнала
«Энергетическая политика»

Климат высоких переделов

Мировой ажиотаж вокруг климатической повестки и растущая популярность идеи полного отказа от использования традиционных источников энергии, заставляет более внимательно оценивать и анализировать возможные риски для энергетических отраслей. Вопрос о том, смогут ли возобновляемые источники энергии полностью обеспечить растущий спрос на электроэнергию в мире в среднесрочной перспективе, до сих пор остается открытым. Кроме того, до сих пор нет единого ответа на вопрос, какие именно энергетические источники стоит называть «чистыми» и каким образом можно подтвердить экологическую безопасность того или иного вида производства. Поэтому в июньском номере журнала «Энергетическая политика» мы постарались представить несколько взглядов на эту тему: как со стороны государства, так и со стороны компаний.

Стремление к экологически чистым производствам подталкивают к развитию новых технологий, в том числе, направленных на более глубокую переработку сырья. Одним из таких направлений стала нефтегазохимия, развитию которой в июньском номере уделено большое внимание. В конце апреля в нефтехимической отрасли прошло знаковое событие: российские компании «СИБУР» и «ТАИФ» объявили о слиянии и создании одной из крупнейших в мире нефтехимических компаний. Анализ этой сделки на фоне роста нефтехимической отрасли стал одной из ключевых тем нового номера.

Александр НОВАК
Заместитель председателя Правительства РФ

DOI 10.46920/2409-5516_2021_6160_5

Баланс углеводородных и возобновляемых источников энергии – климатическая и энергетическая безопасность планеты

Климатическая повестка и стремление к максимальной декарбонизации глобальной экономики приобретает все большее распространение во многих государствах мира. В значительной степени этот тренд затронул и энергетический комплекс, где в последние годы наблюдается увеличение инвестиций в развитие альтернативных отраслей ТЭК. Россия традиционно является мировым лидером в производстве и поставках энергоресурсов. Наша цель – сохранить и приумножить достижения в этом направлении, поэтому в течение последних лет Россия активно наращивает компетенции в области «зеленых» источников энергии, чтобы при любом векторе развития энергетических рынков стабильно обеспечивать внутренние потребности в энергии и оставаться надежным и конкурентоспособным поставщиком энергоресурсной продукции в долгосрочной перспективе.

Международное регулирование климатической повестки

Первым шагом к формализации подходов по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду стала созданная в 1988 году Межправительственная группа экспертов по изменению климата, работа которой в 2007 году была отмечена Нобелевской премией мира «за усилия по накоплению и распространению более широких знаний об антропогенном изменении климата и созданию основ для мер, необходимых для противодействия такому изменению».

В настоящее время глобальная энергетическая политика регулируется рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении климата 1992 года. Цель документа – добиться стабилизации

концентраций парниковых газов (ПГ) в атмосфере на уровне, который бы не допускал опасного антропогенного воздействия на климатическую систему. Предполагается, что ведущую роль в борьбе с отрицательными последствиями изменения климата должны взять на себя развитые страны.

В декабре 1997 г. на конференции сторон РКИК ООН в Японии был принят Киотский протокол, главной особенностью которого стали юридически закрепленные количественные обязательства развитых стран и стран с переходной экономикой по ограничению и снижению поступления парниковых газов в атмосферу. Россия присоединилась к Киотскому протоколу в 2004 году, взяв на себя количественные обязательства по сохранению уровня выбросов парниковых газов в первом периоде действия Киотского протокола (2008–2012 гг.) на уровне 1990 года. При этом Россия является одной из немногих стран, которые перевыполнили свои обязательства в рамках Киотского протокола в первый период его действия. Выбросы парниковых газов сократились по сравнению с уровнем 1990 года на 31 %.

Новый импульс работе по борьбе с глобальным потеплением придало Парижское соглашение, которое было заключено

С 1990 года выбросы парниковых газов в Китае и Индии возросли в 3,5 и 2,6 раза, в США практически не изменились, а в России и в ЕС – снизились на 30,3 % и на 22,3 % соответственно

в 2015 году на базе рамочной конвенции ООН об изменении климата. Документ регулирует меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 года и ставит цель «удержать прирост глобальной средней температуры ниже 2 °C сверх доиндустриальных уровней и приложить усилия в целях ограничения роста температуры до 1,5 °C». При этом пик эмиссии CO_2 должен быть достигнут в максимально короткие сроки. Каждая из 190 сторон соглашения определяет свой вклад в достижение декларированной общей цели в индивидуальном порядке, пересматривая ориентиры раз в пять лет. Россия присоединилась к соглашению в 2019 году и взяла на себя обязательства к 2030 году достичь уровня до 70 % выбросов парниковых газов от показателей 1990 года. Значительную роль в этом процессе будут играть отрасли ТЭК.

Сызранская ТЭЦ

Источник: Т Плюс

Окружающая среда и влияние ТЭК на климат

Рост антропогенных выбросов в мире сегодня находится на восходящем тренде. Крупнейшими эмитентами парниковых газов (ПГ) в абсолютном выражении являются Китай, США, ЕС, Индия, Россия и Япония. С 1990 года выбросы парниковых газов в Китае и Индии возросли соответственно в 3,5 и 2,6 раза, в США практически не изменились (рост на 1,8 % к 2019 году), при этом подчеркну, что в России и в ЕС – снизились на 30,3 % и на 22,3 % соответственно.

Анализ показывает, что энергетический сектор вносит значительный вклад в выбросы парниковых газов во всех странах. При этом, по оценкам ООН, глобальные выбросы загрязняющих веществ, связанные с энергетикой, снизились в 2020 году почти на 8 % до минимального уровня с 2010 года, однако по большей части это связано не с глобальными трендами, а с коронавирусными ограничениями.

В то же время ряд стран продолжают выступать с инициативой постепенного отказа от ископаемого топлива, который бы позволил добиться полной компенсации выбросов их поглощением. Европейские государства намерены обеспечить углеродную нейтральность к 2050 году, Китай объявил о намерениях достигнуть углеродной нейтральности к 2060 году. Планы по исключению угольной генерации обозначены более чем в 20 странах, и этот список продолжает увеличиваться: аналогичные планы также обсуждаются Чехией, Испанией и Северной Македонией. В Азии же – основном регионе потребления угля – рассматривается возможность ограничения угольной генерации и поэтапного вывода неэффективных мощностей. Существуют отдельные инициативы по отказу от ископаемого топлива для транспорта и запрета на разведку и добычу полезных ископаемых. Крупные финансовые корпорации уже отреагировали на усиление климатической повестки смещением инвестиций в сегмент «зеленой» энергетики взамен финансирования проектов в сфере добычи, переработки и транспортировки нефти, газа и угля.

На этом фоне развивается дискуссия на тему возможного введения трансграничного углеродного регулирования. Несмотря на то, что в Парижском соглашении такое понятие отсутствует, в 2020 году в рамках Евросоюза подобные инициативы были озвучены, что выносит вопрос углеродного ценообразования на международный уровень. В настоящее время форма ввода, способ взимания и методика расчета такого сбора еще находятся на стадии обсуждения. Ожидается, что трансграничное углеродное регулирование (ТУР) будет введено с 2023 года. В базовом сценарии

Штаб-квартира ООН, Манхэттен

Источник: msavoia / depositphotos.com

предполагается, что на первых этапах ТУР может распространяться только на продукцию обрабатывающей промышленности. Однако вариант развития, при котором налог уже в ближайшие годы может затронуть и сырье, в частности, нефть, газ, уголь, пока не исключается. При этом ряд аналитиков полагают, что активизация работы по введению углеродного регулирования может носить не только экологический, но и экономический характер. Европейской комиссией разработан план финансовой помощи по выводу экономики ЕС из кризиса, вызванной пандемией COVID-19, а введение ТУР – одна из ожидаемых статей доходов (5–14 млрд евро в год в 2021–2027 гг.).

Поэтому в настоящее время важно пойти на опережение и заранее оценить возможные риски от введения ТУР. Согласно анализу экспертов BCG, среди основных отраслей, которые могут понести потери, фигурируют нефтегазовая промышленность, металлургический и горнодобывающий сектор.

Напомню, что в рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата подчеркивается, что меры по борьбе с изменениями климата не должны служить средством необоснованной дискриминации или скрытого ограничения международной торговли. В то же время многие эксперты отмечают, что введение ТУР может нарушить ряд принципов ВТО и положения РКИК ООН. Полагаем, что, так как вопрос затрагивает интересы и потребности целого ряда стран, при нахождении компромиссных решений, в первую очередь, необходимо руководствоваться нормами международного права.

Хабаровская ТЭЦ-1
Источник: «Русгидро»

При этом существует еще одно важное обстоятельство: ведущие аналитики сходятся в том, что энергопотребление в мире будет расти, и новый спрос невозможно будет обеспечить без традиционных энергоресурсов. Искусственные ограничительные меры традиционных секторов ТЭК могут снизить рентабельность и инвестиционную привлекательность отрасли, в результате появится угроза надежности энергоснабжения.

Поэтому мы уверены, что на каждом этапе энергетического перехода необходимо продолжать бесперебойное обеспечение людей и экономик энергоносителями, причем по доступной для потребителей цене. Нельзя забывать, что энергия, в первую очередь, должна служить человечеству. В этой связи введение углеродного налога не может быть инструментом недобросовестной конкуренции и тем самым ставить под угрозу энергобезопасность континента.

Экологическая политика России и отрасли ТЭК

Последствия изменения климата отнесены к вызовам в Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года, а наращивание международных усилий по реализации климатической политики и ускоренному переходу к «зеленой» экономике – к вызовам Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации. Направление по охране окружающей среды и противодействию изменениям климата вошло в Энергетическую стратегию Российской Федерации на период до 2035 года. Таким образом, климатическая политика находится в числе приоритетов государства, и для ее координации создан ряд межведомственных рабочих групп.

На саммите лидеров по вопросам климата в апреле текущего года Президент Российской Федерации В. В. Путин еще раз подчеркнул, что от успешности усилий по вопросам изменения климата во многом зависит судьба всей нашей планеты, перспективы развития каждой страны, благополучие и качество жизни людей.

В настоящее время в России прорабатываются меры по противодействию изменению климата, которые, в первую очередь, напрямую или косвенно стимулируют сокращение антропогенных выбросов парниковых газов и способствуют повышению качества поглотителей и накопителей. Инициативы имеют как общеэкономическую, так и отраслевые направленности.

Если говорить об энергетике, то это обязательная отчетность по выбросам парниковых газов для генерации мощностью выше 500 кВт, строительство новой (ДПМ) и модернизация старой генерации (КОММод) на оптовом рынке, а также модернизация неэффективной дизельной генерации, стимулирование снижения потерь в электро- и теплосетях, модернизация нефтеперерабатывающих мощностей, поддержка ВИЭ, запуск системы «низкоуглеродных» сертификатов.

Кроме того, проект нового комплексного плана по повышению энергоэффективности предполагает снижение энергоемкости ВВП России к 2030 году на 35 % относительно 2017 года. По мнению аналитиков МЭА, именно энергоэффективность должна будет обеспечить более 40 % сокращения выбросов парниковых газов, связанных с энергетикой.

Что касается традиционных углеводородных источников энергии в контексте климатической повестки, то самым чистым из них на сегодняшний день является природный газ, то есть его вполне можно отнести к перспективным экологичным энергоресурсам. В этой связи продолжается ввод экспортных газопроводов, а также расширяется использование газа внутри страны. К 2030 году уровень газификации регионов России должен составить почти 83 %. Кроме того, развивается инфраструктура для применения газомоторного топлива на транспорте. В результате действующей государственной программы поддержки ГМТ, суммарный объем потребления природного газа в качестве моторного топлива в 2020 г. увеличился на 10 % в годовом выражении до 1,1 млрд кубометров, а количество заправочных станций выросло на 20 % и превысило 600 единиц.

Ленинградская АЭС
Источник: babs71.livejournal.com

По сравнению с 1990 годом в России выбросы уменьшились в два раза – с 3,1 миллиарда тонн эквивалента CO_2 до 1,6 миллиарда тонн, и сейчас более 40 % нашего энергобаланса составляют безуглеродные источники энергии – атом, ГЭС и прочие ВИЭ.

Мы намерены и далее реализовывать масштабную программу экологической модернизации и повышения энергоэффективности во всех секторах экономики, обеспечивать улавливание, хранение и использование углекислого газа от всех источников.

Кроме того, к настоящему времени достигнуто существенное сокращение выбросов метана как при транспортировке природного газа, так и при добыче нефти. Коэффициент полезного использования ПНГ в среднем по России увеличился с 75,5 % в 2011 г. до 81,5 % в 2019 г. В со-

Вилюйская ГЭС

Источник: «Русгидро»

ответствии с энергостратегией, к 2035 г. утилизация ПНГ должна составить 95 %. Необходимо отметить, что повышающие коэффициенты за сжигание попутного газа в объеме, превышающем 5 %, постоянно растут (с 4,5 в 2012 г. до 100 в 2020 г.), стимулируя компании сокращать выбросы.

Благодаря работе по выводу из эксплуатации устаревшего оборудования и модернизации действующих мощностей, в 2020 году снижение выбросов парниковых газов в атмосферу ТЭС России составило 7,5 % по сравнению с 2014 г. (среднее снижение – 2,3 % в год). Также идет внедрение технологий комбинированной генерации тепловой и электрической энергии, что позволит сократить выбросы парниковых газов в сфере теплоснабжения. Сегодня на новую модель теплоснабжения по методу «альтернативной котельной» уже перешли 17 муниципальных образований, прорабатывается вопрос о переходе на новую модель еще как минимум в 16 муниципальных образований.

Искусственные ограничительные меры традиционных секторов ТЭК могут снизить рентабельность и инвестиционную привлекательность отрасли, в результате появится угроза надежности энергоснабжения

Значительное внимание уделяется расширению использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Действующая программа поддержки ВИЭ, которая стартовала в 2014 году и заканчивает свое действие в 2024 году, уже продемонстрировала свою эффективность. За прошедшие 7 лет введено 2,4 ГВт ВИЭ, из них 1,2 ГВт в 2020 году (+127 % к 2019 г.). К 2024 году общий объем построенных в рамках механизма поддержки ВИЭ установленной мощности электростанций составит почти 6 ГВт. Целевые показатели объема производства и потребления электрической энергии с использованием ВИЭ (кроме гидроэлектростанций установленной мощностью более 25 МВт) зафиксированы на уровне 4,5 % к 2024 году. При этом в марте утверждена новая программа поддержки ВИЭ на период 2025–2035 годов, основная задача которой – переход

созданной промышленности на полностью конкурентный режим. Также повышаются требования по локализации и введение экспортных обязательств.

Продолжается работа по модернизации промышленности, формированию перечней наилучших доступных технологий в различных отраслях, реализуем программы государственной поддержки повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии.

Атомная энергетика на сегодняшний день также рассматривается как экологически чистая и безопасная. Многие страны поступательно возвращаются к ее использованию.

В числе актуальных задач – развитие водородной энергетики, которая сегодня используется в основном в промышленности. Задача ближайшего будущего – внедрять этот вид энергоресурсов в другие отрасли, в том числе в энергетике, транспорте, технологиях хранения энергии.

В этой связи активно ведется внедрение технологий производства водорода как из природного газа, так и электролизом, а также стимулирование внутреннего спроса на водород. Отечественные компании «Газпром» и «Росатом» рассматривают возможность реализации экспортно-ориентированных проектов производства водорода с применением технологий паровой конверсии метана и высокотемпературного электролиза на атомных электростанциях. Потенциальные объемы экспорта водорода из Российской Федерации на мировой рынок могут составить до 0,2 млн тонн в 2024 году, до 2–7 млн тонн в 2035 г. и 7,9–33,4 млн тонн в 2050 г. в зависимости от темпов развития мировой низкоуглеродной экономики и роста спроса на водород на мировом рынке.

Потенциальные объемы экспорта водорода из России могут составить до 2–7 млн тонн в 2035 г. и 7,9–33,4 млн тонн в 2050 г. в зависимости от темпов развития мировой низкоуглеродной экономики

Подчеркну, что наша страна намерена принимать все большее участие в разработке и внедрении технологий «зеленой» энергетики. При этом мы также убеждены, что для гармоничного энергетического будущего необходимо соблюдать баланс углеводородной, атомной и возобновляемой энергетики. Ископаемые источники энергии могут быть экологически нейтральными с учетом развития и применения современных технологий, сохраняя свое основное преимущество – надежность, что особенно важно в современном мире.

Чебоксарская ГЭС

Источник: «Русгидро»

УДК 504.5:620.9 DOI 10.46920/2409-5516_2021_6160_12

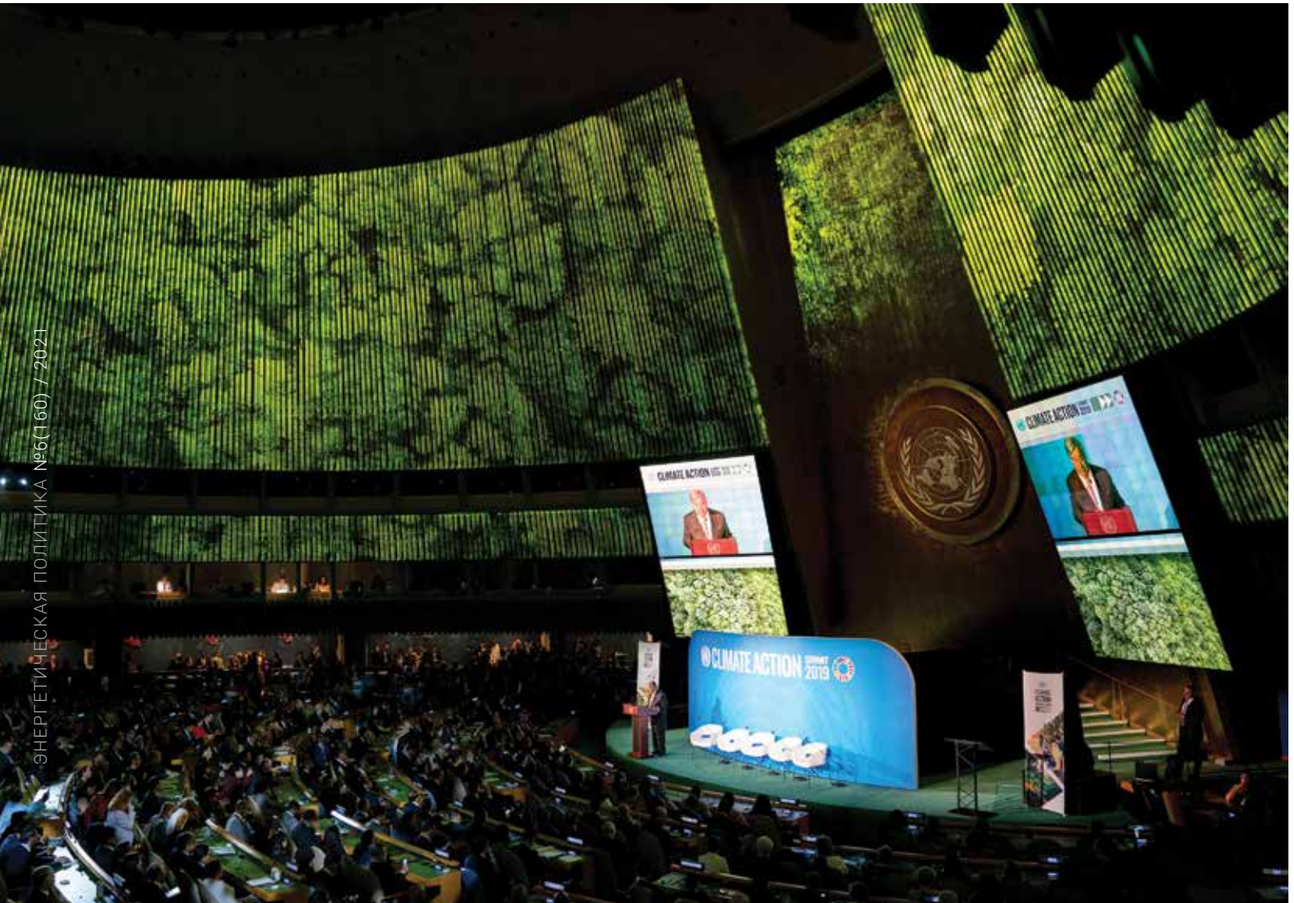
Климатическая повестка: версия 2.0

Climate agenda: version 2.0

Александра ПАНИНА
Член правления «Интер РАО», глава НС Ассоциации «Совет производителей электроэнергии и стратегических инвесторов электроэнергетики»
e-mail: gorshkovaaa@minenergo.gov.ru

Alexandra PANINA
Member of the Management Board of «Inter RAO», Head of the Supervisory Board of the Association «Council of Electricity Producers and Strategic Investors of the Electric Power Industry»
e-mail: gorshkovaaa@minenergo.gov.ru

Церемония принятия Парижского соглашения по климату *Источник: bestparis.blogspot.com*



Аннотация. Статья раскрывает основные направления мировой климатической повестки и место России в ней. Автор проводит анализ основных целей и направлений энергоперехода, а также уровень «чистоты» тех или иных видов энергии. В статье раскрывается суть системы «зеленых сертификатов» и возможности России по ее применению.
Ключевые слова: энергопереход, углеродный след, «зеленые сертификаты», атомная энергетика.

Abstract. The article reveals the main directions of the global climate agenda and Russia's place in it. The author analyzes the main goals and directions of energy transition, as well as the level of «purity» of certain types of energy. The article reveals the essence of the system of «green certificates» and the possibilities of Russia for its application.
Keywords: energy transition, carbon footprint, green certificates, nuclear energy.

Внедрение обязательных систем углеродного ценообразования является одной из наиболее кардинальных мер для сокращения выбросов CO_2

Введение

Ситуация с мировой пандемией и ее влияние на мировое экономическое развитие, ненадолго сместила фокус внимания к проблемам здравоохранения и социальной поддержки, однако, уже в начале 2021 года тема изменения климата и, как следствие, ESG-управления компаниями топливно-энергетического комплекса, включая разработку требований по резкому снижению углеродного следа, в том числе от производства электрической энергии на традиционных видах топлива, опять вышла на первый план.

Объяснить это можно тем, что несмотря на вызванное эпидемией COVID-19 кратковременное снижение уровня выбросов парниковых газов (далее – ПГ), в этом столетии мир, по экспертным оценкам, все еще движется к росту температуры, которая выше целей, определенных Парижским соглашением по ограничению глобального потепления до (1,5–2 °C[1]).

[1] Средняя температура на Земле может к концу века вырасти более чем на 3 градуса. Общество – ТАСС (tass.ru).

Климатические акции протеста в Европе
Источник: 1tulatv.ru

Анонсированный энергопереход Европейского союза (далее – ЕС) к климатически нейтральному уровню за счет достижения нулевых выбросов CO_2 к 2050 году и введение трансграничного углеродного регулирования в ЕС, несут существенные риски для российских компаний, ориентированных на экспорт продукции, в связи с чем, ужесточение глобальной экологической и климатической повестки имеет для нашей страны особое значение.

Одновременно с этим электроэнергетический сектор как в зарубежных странах, так и в России, после взрывного роста инноваций и технологических открытий, оказался в совершенно новой для себя ситуации. Передовые технологии, такие как искусственный интеллект и большие данные, блокчейн и разработки в области

Ростовская АЭС

Источник: energybase.ru

ВИЭ-генерации, заставляют традиционную генерацию пересматривать устоявшиеся как производственные, так и рыночные бизнес-модели.

Всё это вынуждает электроэнергетику России развиваться в крайне динамичной среде. Энергокомпании в этом контексте, в первую очередь, прибегают к операционному улучшению своей производственной деятельности, во вторую – к углеродной компенсации за счет сертификации своей продукции, в третью – к готовности в изменении баланса производства в сторону ВИЭ.

Планируемое в ближайшее время внедрение низкоуглеродных сертификатов в России, т. е. признание атомных электростанций и гидроэлектростанций низкоуглеродными источниками энергии, в ситуации ужесточения экологических требований позволит нашей стране сохранить лидерство на международном уровне. Для этого необходимо использовать конкурентное преимущество российской энергосистемы, в которой высока доля выработки «чистой» электроэнергии имеющихся АЭС и ГЭС.

Переход ЕС к углеродной нейтральности за счет нулевых выбросов CO_2 к 2050 г. и введение трансграничного углеродного регулирования несут серьезные риски для российских экспортных компаний

Климатическая повестка в мире

Большинство стран мира к настоящему времени обозначили свои климатические цели и обязательства по сокращению выбросов парниковых газов на международном уровне: в определяемых на национальном уровне вкладах в рамках Парижского соглашения. Некоторые страны идут дальше, заявляя о стремлении к углеродной нейтральности, то есть достижению нулевых чистых выбросов углекислого газа.

Парижское соглашение закрепило, что развитым странам «следует продолжать выполнять ведущую роль путем установления целевых показателей абсолютного сокращения выбросов в масштабах всей экономики», но обязательства развивающихся стран отличает большое разнообразие.

Из 190 сторон Парижского соглашения большинство (74 страны) сформулировало свои обязательства по снижению выбросов парниковых газов относительно инерционного сценария (сценарные цели); 61 страна, включая Россию и ЕС, зафиксировали абсолютные цели (в процентах к базовому году) и еще 8 – обозначили целевой уровень выбросов ПГ, к которому они стремятся; 25 стран заявили только действия, направленные на сокращение выбросов, и еще 13 – косвенные цели, не привязанные напрямую к выбросам парниковых газов; 9 стран сфокусированы на относительных показателях сокращения выбросов ПГ, как правило, на единицу ВВП (относительные цели). Кроме того, у многих стран, наряду с безусловными, есть условные цели, которые могут быть достигнуты при оказании им финансовой помощи.

Согласно докладу ЮНЕП[2] в 2020 году, разрыв в объеме наблюдаемых выбросов парниковых газов и выбросов парниковых газов, соответствующих целям Парижского соглашения, несмотря на ожидаемое снижение, продолжил расти.

Экспертное сообщество отмечает, что текущие цели на 2030 год в рамках Парижского соглашения приведут к росту глобальной температуры на 3,2 °С к концу XXI века. По оценке Трекера климатических действий (Climate Action Tracker), при реализации всех заявленных национальных мер потепление к концу века составит 2,9 °С (против 3,6 °С в 2015 году).

[2] Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) – всемирная природоохранная организация, определяющая глобальную экологическую повестку дня и содействующая согласованной реализации экологического компонента устойчивого развития в рамках системы ООН.

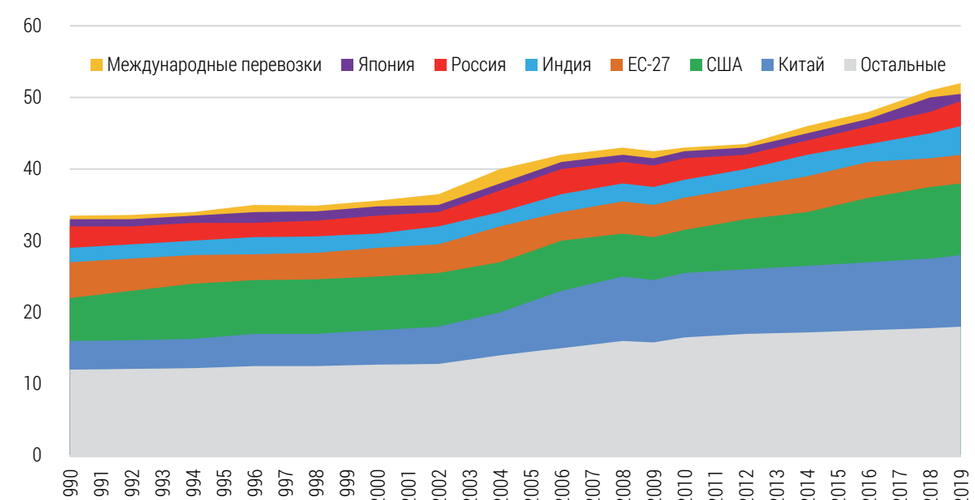
В мире насчитывается 64 инициативы углеродного ценообразования, из которых 33 можно отнести к углеродным налогам и 31 – к системам торговли квотами на выбросы парниковых газов

По данным Всемирного банка, по состоянию на ноябрь 2020 года в мире насчитывалось 64 инициативы углеродного ценообразования, из которых 33 можно отнести к углеродным налогам и 31 – к системам торговли квотами на выбросы парниковых газов (СТК).

Такими инициативами охвачено 46 стран (включая страны ЕС) и 35 субнациональных юрисдикций (отдельные штаты США, провинции в Канаде, области в Китае и т. д.). Действующие или планируемые

Рис. 1. Динамика выбросов ПГ в мире по крупнейшим эмитентам, млрд т CO_2 экв.

Источник: данные агентства по охране окружающей среды Нидерландов (PBL)



к вводу инициативы углеродного ценообразования в мире покрывают порядка 12 млрд т CO_2-экв. (около 22 % мировых выбросов ПГ).

Касательно европейских стран, европейский парламент одобрил цель полного нулевого выброса парниковых газов к 2050 году в резолюции от 14 марта 2019 года об изменении климата.

В марте 2020 года Европейская комиссия представила проект закона о климате, который должен сделать ЕС к 2050 году климатически нейтральным. В ноябре 2020 года Европейская комиссия представила Стратегию ЕС в области морских возобновляемых источников энергии, согласно положениям которой, предполагается увеличение установленной мощности морских ветроэнергетических установок в Европе с нынешнего уровня 12 ГВт до 60 ГВт к 2030 году и до 300 ГВт к 2050 году.

Внедрение обязательных систем углеродного ценообразования является одной из наиболее кардинальных мер с точки зрения достижения целей сокращения выбросов ПГ.

В 2020 году в ЕС сформировались планы по введению трансграничного углеродного регулирования, что выносит вопрос углеродного ценообразования на международный уровень и создает риски для российских экспортеров, поставляющих продукцию в ЕС.

Форма ввода углеродного регулирования, способ взимания и методика расчета такого «сбора» еще неизвестны. Многие российские и иностранные эксперты считают углеродный налог способом ЕС профинансировать собственный энергопереход на ВИЭ.

В ЕС, несмотря на негативный эффект от пандемии COVID-19, распространившийся на все отрасли мировой экономики, котировки фьючерсов на выбросы углерода продолжали расти в течение 2021 года

Например, в США, которые существенно влияют как на политическую, так и на экологическую повестку в мире, на текущий момент возникли разногласия относительно дальнейшего отказа от углеродной энергетики в пользу ВИЭ после случившегося энергетического коллапса в крупнейшем энергетическом центре страны – Техасе, где зимой 2021 года цены на электроэнергию подскочили в 300 раз до значений более 9 000 $/МВт·ч.

При этом в ЕС, несмотря на негативный эффект от пандемии COVID-19, распространившийся на все отрасли мировой экономики, котировки фьючерсов на выбросы углерода продолжали расти в течение 2021 года во многом благодаря последовательной климатической повестке ЕС, направленной на сокращение выбросов. Так, например, котировки фьючерсов на квоты CO_2 в Европе достигли исторического максимума 14.05.2021 г., зафиксировавшись на отметке 56,9 евро/т и продемонстрировав рост в размере 55 % с начала года. По мнению аналитиков, ближайшая цель для котировок квот на выбросы составляет 60 евро/т, а к 2030 году фьючерсы CO_2 могут достичь отметки 70 евро/т.

Таблица 1. Статус заявлений стран об углеродной нейтральности

Страна	Год достижения	Статус (конец 2020 года)
Бутан	2018	Достигнута
Суринам	2014	Достигнута
Франция	2050	Закон (2019 г.)
Великобритания	2050	Закон (2019 г.)
Швеция	2045	Закон (2017 г.)
Венгрия	2050	Закон (2020 г.)
Новая Зеландия	2050	Закон (2019 г.)
Дания	2050	Закон (2019 г.)
Канада	2050	Законопроект
Испания	2050	Законопроект
ЕС	2050	Политическая позиция
Германия	2050	Политическая позиция
Республика Корея	2050	Политическая позиция
ЮАР	2050	Политическая позиция
Чили	2050	Политическая позиция

Рис. 2. Динамика котировок фьючерсов на квоты CO_2 в Европе, евро/т

Источник: SKM Market Predictor

Котировки фьючерсов на квоты CO_2 в Европе достигли исторического максимума 14.05.2021 г., зафиксировавшись на отметке 56,9 евро/т и продемонстрировав рост в размере 55 % с начала года

Климатическая повестка в России

Россия приняла на себя обязательства, согласно которым в период с 2013 по 2020 год будет обеспечено сокращение объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 % объема указанных выбросов в 1990 году (указ Президента РФ от 30.09.2013 г. № 752).

Россия не согласна с европейской оценкой, настаивая, например, на том, что при расчете углеродного сбора никак не учитывается площадь лесов в России и их вклад в поглощение углекислого газа. Не совпадают также мнения о том, какую энергию можно считать чистой.

Так, в период с 2021 по 2030 год нашей страной планируется обеспечить сокращение объема выбросов парниковых газов до 70 % относительно уровня 1990 года с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития – в целях реализации Парижского соглашения (указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 г. № 666). Эта же цель установлена на международном уровне (первый ОНУВ[3] в рамках Парижского соглашения).

Действующая Климатическая доктрина утверждена распоряжением Президента РФ от 17.12.2009 г. № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации». Климатическая доктрина закрепила приоритет национальных интересов при разработке и реализации политики в области климата, но драйвером ее текущего развития вы-

[3] Определяемые на национальном уровне вклады. В своих ОНУВ страны сообщают о планирующихся мерах по снижению выбросов ПГ для достижения целей Парижского соглашения.

ступает международная повестка и климатические инициативы основных торговых партнеров России (прежде всего, ЕС).

В октябре 2020 года Советом безопасности Российской Федерации по экологической безопасности в целях актуализации Климатическая доктрина была расширена. До 2020 года действовал комплексный план реализации Климатической доктрины Российской Федерации на период до 2020 года (распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.04.2011 г. № 730-р). В настоящее время ожидается формирование комплексного плана реализации Климатической доктрины на период до 2030 года.

условного топлива до 30 % (310÷240 гут/кВт·ч);

– перевод оборудования на комбинированную выработку тепла и электроэнергии (ТЭЦ);
– признание низкоуглеродных сертификатов РФ на территории ЕС (законопроект находится в Правительстве РФ) и прикрепление основных экспортеров к производителям таких сертификатов.

Все эти направления в настоящее время уже реализуются или будут реализовываться, в том числе, в рамках программы модернизации генерирующего оборудования.

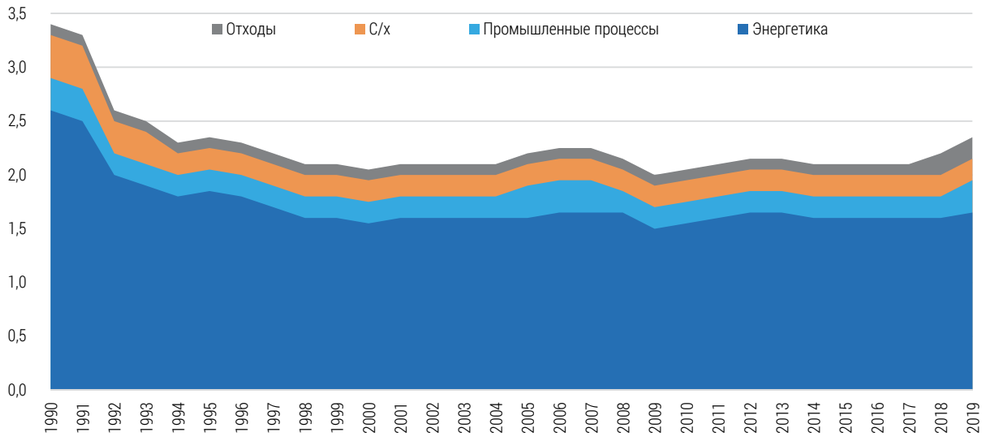


Рис. 3. Динамика выбросов ПГ в России, млрд т CO_2 экв.

Источник: данные национального кадастра

Последствия изменения климата отнесены к вызовам в Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 176).

В настоящий момент выделяется несколько направлений уменьшения углеродности для российской энергетики:

– повышение энергоэффективности путем замены паросилового оборудования на аналогичное с улучшением показателей производства со снижением удельного расхода условного топлива на 10 гут/кВт·ч или 3 %;
– повышение энергоэффективности путём перевода оборудования с паросилового цикла на парогазовый со снижением удельного расхода

Согласно отчетным данным Министерства экономического развития России, ВВП по итогам 2019 года составил 110 046,05 млрд рублей (более 1,6 трлн долларов по курсу на 01/2019 г.), при этом, объем экспорта товаров в номинальном выражении – 419,9 млрд долларов или 24,7 % к ВВП (в том числе минеральные продукты, в том числе топливно-энергетические товары 268,8 млрд долларов или 17 % к ВВП).

Несмотря на то, что базовый вариант прогноза товарной структуры экспорта в 2021–2023 гг. Министерства экономического развития России составлен с учетом снижения доли топливно-энергетических товаров на 9 %, минеральные продукты традиционно останутся основой российского экспорта, тенденции к изменению сырьевой ориентации отсутствуют.

В российской электроэнергетике исторически сложилась высокая доля низкоуглеродной генерации – ГЭС, АЭС и ВИЭ, которые составляют около 40 % всей выработки или более 400 млн кВт·ч ежегодно

В тоже время, в российской электроэнергетике исторически сложилась высокая доля низкоуглеродной генерации – ГЭС, АЭС и другие виды ВИЭ (малые ГЭС, ВЭС, СЭС), которые составляют около 40 % всей выработки электроэнергии, что в абсолютном выражении достигает более 400 млн кВт·ч ежегодно. Таким образом, с учетом доли экспорта товаров в ВВП страны (24,7 %), можно констатировать, что весь объем товарной продукции, производимой в России и поставляемой на экспорт, вырабатывается с помощью низкоуглеродной энергетики, даже несмотря на то, что к 2035 году, согласно Энергетической стратегии РФ до 2035 года, доля ВИЭ составит около 4 % и этот уровень серьезно ниже, чем прогнозы зарубежных стран – США, Китай, Швеция к 2040 году – (33÷35)%, Германия 68 %, Франция 29 %.

Сертификаты

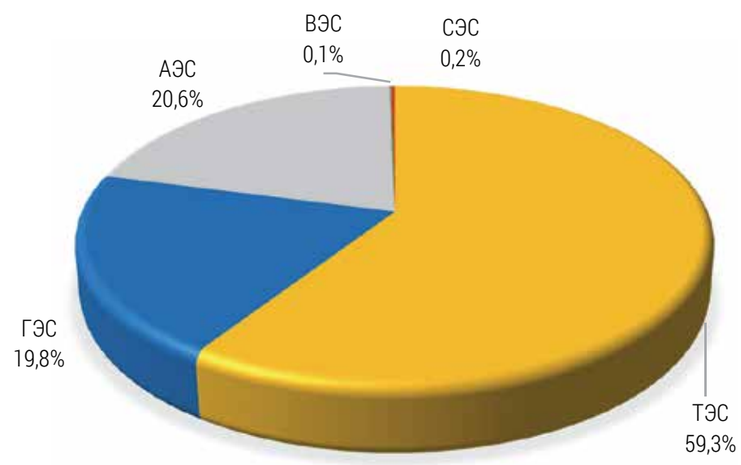
Многие международные стандарты и аналитические центры рекомендуют потребителям приобретать исключительно сертифицированную чистую электроэнергию. Для подтверждения происхождения электроэнергии существуют инструменты отслеживания происхождения электроэнергии. Наиболее распространенными и широко используемыми являются гарантии происхождения (Guarantees of Origin, GO) и сертификаты, подтверждающие выработку возобновляемой энергии (Renewable Energy Certificates, REC).

Международной маркировкой электричества, полученного из ВИЭ, является ЭКОэнергия (EKOenergy). ЭКОэнергия работает с системой гарантий происхождения и со стандартом REC (международный стандарт происхождения энергии). ЭКОэнергия устанавливает дополнительные критерии, подтверждающие, что производство электроэнергии не наносит ущерба окружающей среде.

В США потребителям доступна маркировка Green-E, которая также является дополнением к системе сертификатов от-

Рис. 4. Доля выработки электроэнергии по типам генерации ЕЭС России в 2020 году

Источник: АО «СО ЕЭС»



Нужно доказать, что российская энергетика имеет низкий углеродный след. Таким образом, ситуация с углеродным регулированием создает для экономики РФ не только угрозы, но и возможности

слеживания. В Австралии существует аккредитованная государством маркировка Green Power.

В целях минимизации рисков снижения экспортного потенциала Минэнерго России был разработан и находится на финальном этапе согласования в Правительстве Российской Федерации проект федерального закона о введении в России сертификатов происхождения электрической энергии (низкоуглеродные сертификаты). На основе этого закона Минэнерго и Правительство России будут работать с органами ЕС по признанию наших сертификатов в Европе.

Необходимо доказать, что российская электроэнергия соответствует всем стандартам чистой энергии, имеет очень низкий углеродный след и не подлежит обложению «углеродным налогом». Таким образом, сложившаяся ситуация создает для российской экономики не только угрозы, но и возможности.

В части введения сертификатов происхождения электрической энергии на внутреннем рынке необходимо отметить, что они должны соответствовать международным стандартам, чтобы сертификаты РФ принимались за рубежом, и, в тоже время, не увеличивали совокупную себестоимость экспортируемой электроэнергии, так как в текущих условиях поддержка «зеленых» генерирующих объектов (ВИЭ, крупные ГЭС) осуществляется в рамках платежа за мощность на оптовом рынке.

В рамках вышеуказанного законопроекта определено, что низкоуглеродный сертификат – электронный документ, выдаваемый по факту производства электрической энергии с использованием атомной энергии и (или) с использованием возобновляемых источников энергии на квалифицированном генерирующем объекте (солнечные, ветровые и ГЭС). Таким образом, прослеживается однозначная государственная позиция о том, что использование атомной генерации в рамках энергоперехода и снижения выбросов парниковых газов экологически приемлемо и допустимо к использованию.

В настоящее время появились сторонники российской позиции по признанию атомной генерации приемлемым источником энергии. Так, в марте 2021 года 46 неправительственных организаций из 18 стран обратились к председателю Европейской комиссии Урсуле фон дер Ляйен о включении атомной энергии в таксономию ЕС по устойчивым энергетическим инвестициям, в связи с тем, что исключение атомной энергетики будет способствовать реализации стратегии, которая «явно неадекватна» для декарбонизации экономики ЕС. Уже в апреле 2021 года 7 стран (Франция, Чехия, Польша, Румыния, Венгрия, Словакия и Словения) во главе с Францией, располагающей одним из самых больших парков АЭС, обратились с официальным письмом в Европейскую комиссию и выступили против тотального запрета АЭС с требованиями приравнять атомную энергетику к низкоуглеродным технологиям, так как озабочены тем, что существующая политика ЕС сильно ограничивает право входящих в него государств на выбор между различными

АЭС «Каттеном», Франция
Источник: telebasel.ch

Ветровая генерация

Источник: GekaSkr / Depositphotos.com

источниками энергии и определение собственной структуры энергопотребления, а также намерениями причислить АЭС к «грязным» видам получения энергии, от которых необходимо избавиться как можно скорее.

Данная позиция в итоге нашла поддержку у экспертов Европейской комиссии: специализированная рабочая группа ЕК пришла к выводу, что атомная энергетика не наносит существенного вреда окружающей среде[4]. По общему уровню воздействия на окружающую среду атомная энергетика лучше или сопоставима с ВИЭ при учёте углеродоёмкости всего цикла отрасли, а не только выработки энергии. Однако окончательного решения о признании АЭС допустимо экологичными в ЕС пока не принято, ранее против этого выступала, в частности, Германия.

Тем не менее, по состоянию на текущий момент в ЕС не существует отдельного сертификата на энергию, произведенную на АЭС, но, в частности, в Нидерландах маркировка соответствующей энергии осуществляется с помощью сертификатов для неустойчивой энергетики (ископаемое топливо и ядерная энергия – labelling certificates for non-sustainable energy for fossil fuel-based and nuclear energy). Кроме того, в Великобритании действуют обязательства по использованию неископаемого топлива (non-fossil fuel obligation, NFFO), требующие от операторов распределительных сетей покупать электроэнергию из секторов ядерной энергетики и возобновляемых источников энергии, но в последние годы приоритет переходит к первоочередной закупке у ВИЭ. В Японии для сертификации атомной энергии появился сертификат неископаемой энергии (NFV) – одна из новейших форм сертификатов, который может быть выдан низкоуглеродным источникам энергии, таким как возобнов-

Сертификат является объектом гражданских прав: до погашения или истечения срока его действия он может свободно отчуждаться и переходить от одного лица к другому любыми законными способами

[4] Отчёт Объединённого исследовательского центра (JRC) подготовлен на основе сотен научных исследований и опубликован на сайте Европейской комиссии.

РФ	ЕС
Общие параметры	
Целью выпуска сертификатов является удостоверение позитивных экологических эффектов, сопровождающих производство 1 МВт·ч «зеленой» энергии, раскрытие источника происхождения энергии. Сертификат представляет собой электронный документ (запись) и выдается по факту производства энергии на квалифицированном (зарегистрированном) генерирующем объекте. Применяются схожие процедуры квалификации/регистрации генерирующего объекта в целях выдачи сертификата. Выдача сертификатов может осуществляться каждый месяц. Приобретение сертификата не является обязательным, выдается по желанию/заявлению (не обязанность, а право). Условием осуществления прав, передаваемых с помощью сертификата, является его погашение. Каждый сертификат хранится на электронном аккаунте и содержит примерно одинаковый перечень информации: дата, тип энергии, срок и т. д., при этом принципиальная разница в атрибутах отсутствует. Сертификат может передаваться как вместе с энергией, так и отдельно. Не допускается выдавать несколько сертификатов на один и тот же объем энергии. Основные принципы: универсальность, уникальность. Сертификаты находятся в едином реестре, ведение которого осуществляется сторонней организацией (регулятором рынка). Существует 3 (три) варианта окончания жизненного цикла сертификата: истечение срока действия, изъятие (если ошибка), погашение. Используется рыночное ценообразование: цена определяется спросом и предложением. Сертификат является товаром, не применяется законодательство о ценных бумагах	
Отличия	
Сертификат низкоуглеродный: ветер, солнце, ГЭС (кроме ГАЭС) и АЭС	В ЕС сертификат выдается только на энергию ВИЭ (не АЭС): ГЭС, ВЭС, СЭС, геотермальная энергия, биомасса
Национальная система сертификации (пока только в рамках РФ, вопрос синхронизации с международными системами прорабатывается)	Международная система сертификации (29 доменов), есть возможность передачи-торговли сертификатами между странами-членами системы европейской сертификации через HUB
Данные об объёмах произведенной «зеленой» энергии в целях выдачи сертификата получают из АИИС КУЭ	В ЕС данные об объёмах выработанной «зеленой» энергии могут получать двумя способами: прежде всего от системных операторов и иногда напрямую от поставщика (данные перепроверяются компетентным органом)
Предполагаемый срок действия от 4 до 5 лет	Срок действия 12 месяцев
Вопрос аукционов не прорабатывался	Уже появились первые аукционы для торговли в рамках отдельных государств (Италия, Люксембург, Франция)

Таблица 2. Экспертное сравнение параметров сертификатов происхождения в России и ЕС

ляемая или ядерная энергия, и может быть продан на Японской бирже электроэнергии (JEPX). Ранее эти сертификаты были доступны только для электроэнергии, произведенной по схеме льготных тарифов (FIT) (возобновляемые источники энергии).

В экономическом отношении низкоуглеродный сертификат – это форма представления и участия в рыночном обороте набора («пакета») прав, обусловленных совокупностью позитивных экологических, социальных и других общественно значимых эффектов, которыми сопровождается производство указанного в сертификате количества (объёма) электроэнергии. Полученные эффекты заключаются, прежде всего, в более низком, по сравнению со сжиганием ископаемого топлива, уровне негативного антропогенного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, повышении качества жизни населения.

Приобретение сертификатов является правом, но не обязанностью владельцев квалифицированных генерирующих объектов.

Сертификат является объектом гражданских прав: до погашения или истечения срока его действия он может свободно отчуждаться и переходить от одного лица к другому любыми способами, которые допускает гражданское законодательство; сертификаты будут находиться в свободном обращении; выдача низкоуглеродных сертификатов будет производиться в добровольном порядке по заявлению собственника низкоуглеродного источника энергии. Кроме того, сертификаты позволят их владельцам подтвердить выполнение международных требований по потреблению низкоуглеродной электрической энергии.

В перспективе рассматривается возможность организации взаимного признания сертификатов для их обращения на зарубежных рынках, в том числе в странах-членах ЕС.

Выводы

После спада потребления, вызванного пандемией COVID-19, правительства нескольких стран призывают к экологическому восстановлению с упором на добавление мощностей возобновляемых источников энергии и поэтапный отказ от традиционной энергетики. Климатическая повестка сегодня уже не воспринимается информационным шумом.

На этом фоне производство электроэнергии продолжает оставаться одним из основных источников выбросов парниковых газов и тем энергетическим компаниям, которые еще не приступили к реализации мероприятий в сфере устойчивого развития настоятельно рекомендуется максимально оперативно начать их сокращать.

Таким образом, сегодняшнее понимание энергоперехода и климатической повестки не стоит ограничивать технологической трансформацией отдельных секторов энергетики. Это, в первую очередь, глобальный переход от углеродного следа к низкоуглеродному, совершенно новый взгляд на традиционный подход к управлению и развитию энергетических систем.

Регуляторы, формирующие стратегические программы развития экономики, начинают пересматривать свои приоритеты и создают стимулирующие сигналы к развитию «зеленой» экономики с привлечением международного сообщества для решения климатических проблем, обращая внимание, что глобальное развитие должно быть не просто «зелёным», но и устойчивым для всех без исключения стран.

В настоящих условиях Россия имеет все шансы стать заметным игроком на мировом рынке новой энергетики.

Производство энергии остается одним из основных источников выбросов CO_2, и энергокомпаниям, которые еще не приступили к их сокращению, рекомендуется максимально оперативно сделать это

Ветровая генерация в Германии

Источник: aa-w / Depositphotos.com

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(160) / 2021

УДК 620.9

DOI 10.46920/2409-5516_2021_6160_24

Ресурсно-инновационный потенциал стратегического развития России

Resource and innovation potential of Russia's strategic development

Анатолий ДМИТРИЕВСКИЙ
Научный руководитель Института проблем нефти и газа РАН, академик РАН
e-mail: a.dmitrievsky@ipng.ru

Anatoly DMITRIEVSKY
Scientific Director of the Institute of Oil and Gas Problems of the RAS, Academician of the RAS
e-mail: a.dmitrievsky@ipng.ru

Николай КОМКОВ
Заведующий лабораторией Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, д. э. н., профессор
e-mail: komkov_ni@mail.ru

Nikolay KOMKOV
Doctor of Economics, Professor,
Head of the Laboratory of the Institute of National Economic Forecasting of the RAS
e-mail: komkov_ni@mail.ru

Мария КРОТОВА
Старший научный сотрудник Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, к. э. н., доцент
e-mail: mw_krotowa@mail.ru

Maria KROTOVA
PhD, Associate Professor, Senior Researcher at the Institute of National Economic Forecasting of the RAS
e-mail: mw_krotowa@mail.ru

Ромашкинское нефтяное месторождение

Источник: ru.dreamstime.com

Аннотация. Рассматривается ресурсно-инновационная стратегия развития страны. Обоснованы причины формирования, условия и возможности ее реализации в современных условиях рыночной экономики. Основанная на потенциале экспорта углеводородов ресурсно-инновационная стратегия обеспечила в начале XXI века успешный старт России в условиях формирования рыночных отношений, включавший выплату внешнего долга и экономический рост в размере 7 % ВВП. Вместе с тем ожидание инновационно-технологического развития других секторов экономики не оправдалось в полной мере. Энергетический комплекс и в настоящее время остается ведущим звеном в экономике России, от состояния которого зависит как внутренняя стабильность, так и доходность бюджета от экспорта технологий и ресурсов. Изменчивость внешней конъюнктуры и сформировавшиеся мировые тренды в поддержку неуглеродной экономики требуют адаптивности и гибкости как стратегии всего ТЭКа, так и экономики страны в целом.
Ключевые слова: стратегия, прогноз, проект, энергетический сектор.

Abstract. The strategy of resource-innovative development of the country's economy is considered. Reasons of formation, conditions and possibilities of its realization in conditions of market economy are justified. Based on the potential of hydrocarbon exports, the resource-innovative strategy ensured at the beginning of the 21st century a successful start for Russia in the context of the formation of market relations, which included the payment of external debt and economic growth in the amount of 7 % of GDP. At the same time, the expectation of innovation and technological development of other sectors of the economy has not been fully realized. Energy complex, including the oil and gas industry, currently remains the leading link in the Russian economy, the state of which depends on both internal stability and budget profitability from the export of technology and resources. The volatility of the external environment and the emerging global trends in support of a non-carbon economy require adaptability and flexibility both of the strategy of the entire fuel and energy complex and of the country's economy as a whole.
Keywords: strategy, forecast, project, energy sector.

Анализ динамики распределения долей ВВП свидетельствует о снижении доли ресурсов в общем объеме ВВП. В 2010–2020 гг. она сократилась на 10%

Обоснование необходимости ресурсно-инновационной стратегии развития экономики и реализация ее возможностей

Предлагавшаяся сотрудниками Института народнохозяйственного прогнозирования РАН и Института проблем нефти и газа РАН стратегия преодоления кризиса 90-х годов в российской экономике ориентировалась на использование экспортного потенциала нефтегазового комплекса страны для модернизации всей российской экономики на инновационно-технологической основе [1, 2]. Ожидалось, что высокие мировые цены на углеводороды, экспортировавшиеся Россией на мировые рынки, способны сконцентрировать инвестиционный потенциал для развития смежных с добывающими перерабатыва-

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(160) / 2021

Повышение доли обрабатывающих отраслей при снижении добычи ТЭР к 2030 г. связано с уменьшением объемов сырья и наращиванием мощностей и количества технологических переделов в переработке

ющих отраслей (нефтепереработку, нефте- и газохимию и др.), а также компании обрабатывающей промышленности, включая станкостроение, машиностроение, электронику, инфраструктуру (транспорт, связь, строительство и др.). Коренные изменения в хозяйственном механизме управления экономикой, произошедшие при переходе от планово-командного управления к использованию рыночных механизмов и интересы добывающих компаний, получивших права хозяйственного управления своими активами, существенно ограничили возможности централизованного перераспределения инвестиционного потенциала ресурсодобывающих отраслей в другие сектора экономики. Это обстоятельство и естественные трудности модернизации перерабатывающих и обрабатывающих отраслей на инновационно-технологической базе, устранение которых первоначально было возможно за счет импорта технологий и оборудования, затруднили процессы модернизации всей отечественной промышленности. Опыт модернизации на основе отечественных инновационных решений и технологий, несмотря на определенные успехи, не стал системным, решающим фактором преобразования структуры экономики РФ и устойчивых высоких темпов ее роста.

Мировой финансовый кризис и санкции в отношении России ограничили доступ многим отечественным компаниям к дешевым кредитам в странах ЕС. Одновременно российский финансовый сектор с самого начала его формирования был озабочен наращиванием собственных активов, доходность которых превосходила рентабельность многих промышленных компаний в 2–3 раза. Совокупность сформировавшихся трудностей и объективных причин (COVID-19) обусловили продолжительную стагнацию российской экономики, начиная с 2014 года, и которая продолжается до настоящего времени.

Для преодоления экономического спада Россия, по оценкам многих экономистов, имеет достаточный потенциал и хорошие рыночные перспективы. С целью преодоления инерции кризисных явлений, по нашему мнению, отечественной экономике необходима концентрация интеллектуальных, финансовых и технологических ресурсов для рывка в пространство новых возможностей, которые могут быть созданы на основе реформирования ряда хозяйствующих структур, министерств и ведомств, научных и финансовых институтов с целью перехода к стратегическому планированию и управлению экономикой в рамках проектного подхода.

Последовательное увеличение объемов добываемой нефти (1993–1999 гг.

Ярославский нефтеперерабатывающий завод Менделеева
Источник: «Славнефть-ЯНОС»

в среднем ежегодно 340 млн т) и природного газа (1993–1999 гг. в среднем более 580 млрд кубометров) обеспечивали более чем на половину государственный бюджет, что позволило России в начале XXI века расплатиться за внешние долги и перейти к устойчивому развитию экономики в период с 2000 по 2008 год с ежегодным темпом около 7 % ВВП.

Однако стабильное, долгосрочное развитие экономики такой страны, как Россия, с ее огромной территорией и запасами ресурсов, не могло продолжаться на основе сложившейся экспортно-сырьевой стратегии. Возможности и необходимость перехода отечественной экономики к экономике знаний, основанной на инновациях и новых технологиях, рассматривались в рамках ресурсно-инновационной стратегии развития. В то же время в условиях рынка статус многих монополий и компаний, даже с участием государственной собственности, не допускал прямого перераспределения средств между секторами экономики. Поэтому основные потоки перераспределяемых финансов стали возможны через налоговые отчисления и их концентрацию в бюджете страны с последующим его распределением на основе бюджетного кодекса.

Кроме того, в период начала XXI века, который по мнению ряда экономистов рассматривался как «тучный период», намерения структурной перестройки экономики и ее последующей диверсификации у правительственных чиновников не возникало. Устойчивый рост ВВП РФ в начале первого десятилетия XXI века и достаточная на перспективу ресурсообеспеченность, позволяли правительству в полной мере не учитывать возможные риски и ограничиться накоплением валютных средств в резервном фонде. Мировой финансовый кризис 2008–2009 годов, а также падение темпов роста мировых цен на нефть резко снизили темпы ВВП страны до уровня 1–1,5 %. С 2014 года, после введения санкций со стороны США и стран ЕС, практически нулевые темпы экономического роста постепенно перешли в затяжной экономический кризис, во время которого уровень инвестиций в экономику страны сократился почти вдвое, а доходы населения с 2014 года сократились на 7 % к уровню 2009 года. По мнению ведущих экономистов страны Аганбегяна А. Г., Ивантера В. В., Глазьева С. Ю., Широва А. А. и других, на низкие темпы роста повлияло много причин, включая ошибочную политику финансовых властей, отсутствие позитивных правительственных стратегических установок и низкий потенциал экспорта несырьевых товаров. Даже успехи нефтегазового сектора, позитивное возрождение аграрного потенциала страны, стабильно высокий потенциал компании «Ростеха» и «Росатома» не смогли переломить негативные тенденции в экономике России.

Нововоронежская АЭС
Источник: «Росатом»

Опыт и возможности использования потенциала ресурсно-инновационной стратегии для перехода к экономике знаний

Начавшиеся поиски возможной замены экспорта ресурсов на экспорт высокотехнологичной продукции первоначально были сосредоточены на создании системы финансирования инновационного развития на основе венчурных фондов и привлечения к их финансированию крупных российских компаний [4].

Анализ возможностей быстро освоить потенциал экономики знаний на основе массовой поддержки венчурных структур и малых предприятий прежде всего свидетельствует о неготовности отечественных компаний к инновационному развитию

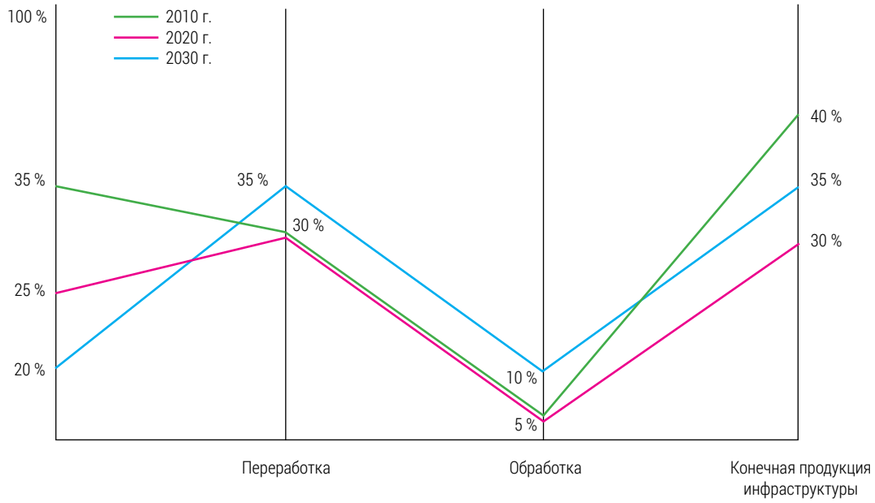


Рис. 1. Распределение долей ВВП в % по стадиям полного технологического цикла

на основе использования отечественного научно-технологического потенциала. Значительные объемы импорта машин, оборудования и продовольствия (объем импорта этих товаров в 2010 году составил более 180 млрд долларов) позволяли надеяться правительственным структурам и компаниям на кратковременность произошедших в тот период перемен в мировой экономике и возможность скорого возврата к прежним темпам растущего спроса и высоким мировым ценам на ресурсы. Снижение мировых цен на углеводороды заставило правительственных чиновников обратиться к стратегии диверсификации экономики и рассмотреть возможности увеличения экспорта несырьевых товаров. Однако низкая доля ВВП перерабатывающего и обрабатывающего секторов экономики и низкий технологический уровень компаний этих секторов препятствовали развитию экспорта их продукции.

Повышение доли обрабатывающих отраслей при снижении добычи ТЭР к 2030 г. связано с уменьшением объемов сырья и наращиванием мощностей и количества технологических переделов в переработке

Исследование динамики взаимодействия основных экономических секторов (добыча, переработка, обработка, конечная продукция), распределенных в рамках полного технологического цикла, позволяет дать оценку существующего уровня прогрессивности используемых технологий и одновременно выявить перспективные возможности совершенствования достигнутого уровня. Для анализа распределения экономического вклада секторов, образующих полный технологический цикл, удобно использовать оценки объемов произведенной продукции основными видами экономической деятельности (ОКВЭД) [5]. На рис. 1. представлено распределение долей ВВП по экономическим секторам, сложившееся на 2010 и 2020 годы, а также перспективное их распределение на 2030 год.

Анализ динамики распределения долей ВВП в секторе добычи свидетельствует о снижении доли ресурсов в общем объеме ВВП. За 10 лет с 2010 по 2020 год эта доля сократилась на 10 %. Также ожидается уменьшение ресурсной составляющей в ВВП к 2030 году, что, прежде всего, свидетельствует о возможном наращивании объемов перерабатывающих и обрабатывающих отраслей. Повышение доли обрабатывающих отраслей и одновременно снижение добычи ТЭР, с одной стороны, связано с возможным уменьшением объемов необработанных ресурсов (сырой нефти, неочищенного природного газа, леса-кругляка, необработанных алмазов и др.), а с другой – наращиванием мощностей и количества технологических переделов в перерабатывающих и обрабатывающих отраслях отечественной промышленности. Их реализация на инновационных технологиях способна создать условия для выпуска современной высокотехнологичной техники и оборудования.

Увеличение разнообразия, свойств производимой промышленными компаниями и экономикой продукции тесно связано с количеством упорядоченно используемых технологических переделов. Технологический передел – это совокупность взаимосвязанных технологий, ориентированных на выпуск продукции определенного качества с заданными свойствами.

Сформировавшийся и утвердившийся в начале XXI века принцип конвергенции технологий [6–8] предполагает конструирование технологий будущего на основе совмещения и взаимодействия различных процессов в рамках «нано-инфо-когно-био» процессов или NBIC. Это предполагает формирование технологий на нано уровне, способность взаимодействовать со смежными направлениями на основе переработки информации, адаптироваться и настраиваться на взаимодействие с другими процессами, включая работу живых систем. Примеры таких технологий уже существуют, например, сенсорные технологии интеллектуальных скважин, «умных» домов и беспилотных авто, сетевого взаимодействия роботов,

Удлинение технологических переделов всегда связано с правами на интеллектуальную собственность, со значительными материальными затратами и обучением персонала дополнительным профессиям

Ванкорское месторождение нефти

Источник: if24.ru

распознавание лиц при их групповом взаимодействии и др.

Каждый дополнительный технологический передел (при добыче ресурсов – 3–5 переделов, при переработке и обработке – 5–7 переделов) требует использования новых технологий, согласующихся со смежными. Удлинение технологических переделов всегда связано с правами на интеллектуальную собственность, со значительными материальными затратами и обучением персонала дополнительным профессиям. Такие затраты при проведении эффективной технологической модернизации не только окупаются, но и могут обеспечивать значительную дополнительную прибыль, поскольку стоимость продукции конечных переделов, например, в нефтехимии возрастает в несколько раз, при обработке древесины в 2–4 раза, а превращение алмазов в бриллианты позволяет увеличить их стоимость в 3–5 раз и др.

Штаб-квартира ТАИФ, Казань
Источник: informupack.ru

Добавленная стоимость при увеличении числа технологических переделов нарастает, что особенно заметно на примере высокотехнологичных перерабатывающих и обрабатывающих производств, и нередко связано с повышением требований к качеству: чистоте производимых материалов, точности обработки деталей машин, сопряженности отдельных узлов и др. Поэтому намерение правительства и руководства многих компаний повысить число технологических переделов и тем самым увеличить конечную стоимость продукции вполне понятно, но их приобретение и освоение требует дополнительных материальных и интеллектуальных затрат, что нередко затрудняет и даже препятствует ускоренной модернизации этих компаний.

Одновременно к числу прогрессивных структурных сдвигов между комплексами отраслей следует отнести возможное увеличение доли ВВП обрабатывающих отраслей. Это позволит не только сократить объемы импортируемых машин, оборудования и транспортных средств (в 2018–2019 гг. – 113 млрд долл.), но и обеспечить их экспорт в страны СНГ и в страны дальнего зарубежья. Восстановление потенциала обрабатывающей промышленности прежде всего должно быть важнейшей целью модернизации отечественной экономики. Без производства отечественных современных конкурентоспособных машин и оборудования невозможно независимое технологическое развитие экономики России. Для достижения цели необходимо не только оказать масштабную поддержку базовым отраслям этого комплекса (станкостроению, машиностроению, приборостроению, производству роботов, электронике, электротехнической промышленности), но также создать льготное налогообложение их производств. Одновременно следует предложить механизмы и создать условия для перетока инвестиционных средств из других секторов в обрабатывающие отрасли.

В последние годы происходит трансформация целей и потенциала возможностей развития экономики, заложенных в ресурсно-инновационной стратегии. Ограничениями перспектив использования углеводородов стали климатические изменения, зависимые от выбросов углекислого газа и увеличение роли неуглеродной экономики. Такие ограничения, а также запреты стран ЕС и США на поставку нефтегазовых технологий для освоения трудноизвлекаемых запасов, неизбежно должны заставить правительство поставить вопрос не только об импортозамещении такого оборудования, но и рассмотреть с учетом интересов и потенциала всего ТЭКа технологические возможности выпуска оборудования для производства возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также оборудования для энергосберегающих технологий во всех секторах экономики.

Нефтеперерабатывающий завод ТАИФ НК
Источник: hbr-russia.ru

Энергетическая стратегия России

Энергетическая стратегия России на период до 2035 года утверждена Правительством в 2020 г. По сравнению с предыдущими вариантами стратегии, ее юридический статус существенно возрос, так как ее положениями будут, согласно распоряжению № 1523-р, руководствоваться органы исполнительной власти на федеральном уровне и на уровне субъектов Федерации при разработке и корректировке государственных программ соответствующего уровня. Это принципиально новый момент, т. к., прежние редакции Стратегии корректировались в зависимости от ситуации в других составляющих национальной экономики РФ.

Целью развития энергетики России является, с одной стороны, максимальное содействие социально-экономическому развитию страны, а с другой стороны, – укрепление и сохранение позиций России в мировой энергетике, как минимум, на период до 2035 года.

Топливно-энергетический комплекс должен внести до 2024 года свой вклад и способствовать другим секторам экономики в достижении национальных целей и решении стратегических задач развития страны, определенных указом президента Российской Федерации № 204. Поэтому при реализации стратегии, исключены противоречия технико-юридического характера между отраслевым и проектным управлением ТЭК.

Стратегия следует в русле глобальных, долгосрочных тенденций развития ТЭК, которые, в свою очередь, рассматриваются как особый модернизационный переход. Его ориентиры включают в себя:

- структурную диверсификацию, в рамках которой углеродная энергетика не заменится, а дополнится неуглеродной, централизованное энергоснабжение – децентрализо-

Стоимость продукции конечных переделов в нефтехимии возрастает в несколько раз, при обработке древесины в 2–4 раза, а превращение алмазов в бриллианты – в 3–5 раз и т. д.

ванным, экспорт энергетических ресурсов – экспортом российских технологий, оборудования и услуг в сфере энергетики, расширится спектр применений электрической энергии, сжиженного природного газа, газомоторного топлива, водорода и продуктов нефтегазохимии;

- цифровую трансформацию и интеллектуализацию отраслей топливно-энергетического комплекса, в результате которых новое качество приобретут все процессы в сфере энергетики, новые права и возможности получат потребители продукции и услуг отраслей топливно-энергетического комплекса;
- оптимизацию пространственного размещения энергетической инфраструктуры, в рамках которой в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и в Арктической зоне России сформируются нефтегазовые минерально-сырьевые центры, нефтегазохимические комплексы, расширится инфраструктура транспортировки энергетических ресурсов, а Российская Федерация станет ведущим игроком на рынках Азиатско-Тихоокеанского региона;

Углеродные ограничения и запреты стран ЕС и США на поставку нефтегазовых технологий для освоения ТРИЗ ставят вопрос о выпуске в РФ оборудования для ВИЭ и энергосберегающих технологий

- уменьшение негативного воздействия отраслей топливно-энергетического комплекса на окружающую среду и адаптацию их к изменениям климата, в результате чего Россия внесет существенный вклад в переход к низкоуглеродному развитию мировой экономики, в международные усилия по сохранению окружающей среды и противодействию изменениям климата.

Актуальность разработки собственных энергетических стратегий для стран, богатых природными ресурсами, становится очевидной на фоне того как страны Запада объединены стремлением сократить свою

Нижегородская ГЭС

Источник: «Русгидро»

зависимость от импорта энергоресурсов, что приводит к противоречиям в оценке перспектив энергообеспечения в будущем.

Согласно оценке Shell Energy Asia (2018 г.), глобальный спрос на энергию возрастет на 60 % к 2060 году, при этом будут подвержены существенной реструктуризации сами энергоисточники [9]. Чтобы обеспечить снижение глобальной температуры на 1,5 °C, потребуются массовые энерготехнологии с практически нулевой эмиссией парниковых газов, которые должны эксплуатироваться еще до 2050 г., т. е., решения об инвестировании в них на уровне фундаментально-ориентированных разработок и прототипов технологий необходимо принимать уже в 2020-е гг.

Консолидированная точка зрения стран и компаний, импортирующих природные ресурсы, при детальном анализе оказывается внутренне противоречивой. Дело в том, что повышение общего уровня экологичности энергетики и промышленности возможно только в условиях расширения объемов использования природного газа. Это, очевидно, вряд ли может сочетаться с неэффективностью ветровых и солнечных технологий, как это было в условиях морозной и снежной зимы 2021 года и прогнозом об оставлении в Земле более половины имеющихся запасов газа, причем без указания их категорий (к которым относятся разведанные к настоящему времени запасы и ресурсы). К тому же, как считает один из руководителей аналитико-консультационной группы «Евразия» (Eurasia Group, США) объемы поставок газа на экспорт из России в течение сопоставимого времени будут не просто стабильными, но – структурно обеспечивающими базовый уровень (т. н. baseload) потребностей в топливе для потребителей в странах как Запада, так и Востока.

ВЭС, Ставропольский край

Источник: energybase.ru

Текущее энергетическое положение, потенциал и инфраструктура России как страны с принципиально иными, чем у Европы, Японии и даже Китая ресурсными и внешнеторговыми условиями, не располагают к форсированному следованию курсу на «декарбонизацию» и «экологизацию» всего ТЭК. Тем не менее, в стране постепенно набирает темпы переход на ВИЭ в различных регионах страны.

В 1980–1990-х гг. в практику междисциплинарных, международных научных исследований в области стратегического управления и контроля рисков во-

шло англоязычное слово Challenge, как не имеющее точного русского аналога. Согласно, например, процитированному в [10] определению А. Тойнби: «…вызов – это то, чему невозможно противостоять и сопротивляться… Вызов побуждает к росту. Ответом на вызов общество решает вставшую перед ним задачу, чем переводит себя в более высокое и более совершенное с точки зрения усложнения структуры состояние».

ТЭК России, несмотря на ряд нестандартных явлений, вызванных кризисом 2020 года, способен сформировать базу для развития отечественной экономики с опорой на собственные силы. Дело не только в тенденции стран с богатыми запасами углеводородов к «ресурсному национализму», но и в новых механизмах давления стран-импортеров на страны-производители.

Газ, являющийся важнейшей частью ТЭК и экспортно-энергетического потенциала России, становится инструментом наиболее сложных внешнеторговых и экономико-политических противоречий и споров. В настоящее время важно рассматривать стремление к экологизации энергетики стран, не обладающих значительными запасами природных ресурсов не столько как самоцель, сколько как формирование нового рычага давления на традиционных поставщиков газа. Данная тенденция не нова, поскольку с 2008 года с принятием «Третьего энергопакета» идет постоянный поиск баланса сил и интересов между странами-импортерами и газовыми компаниями в Западной Европе.

Основой формирования целей развития являются прогнозы социально-экономического развития в среднесрочной перспективе. Прогнозы основываются на анализе текущего состояния, мировых и российских трендах социально-экономического развития, возможностях преодоления сложившихся и ожидаемых в перспективе «узких мест», включая большие вызовы [4]. Формирование последовательности действий по переходу от прогнозов социально-экономического развития к перечню проектов на макроуровне на основе целевого подхода обеспечит синергетический эффект от реализации стратегических планов.

Энергетический потенциал России как страны с принципиально иными, чем у Европы, Японии и Китая ресурсными и внешнеторговыми условиями, не располагают к декарбонизации и экологизации ТЭК

ВЭС, Волгодонск
Источник: petronoticias.com.br

Стратегический план на макроуровне должен быть основан на перспективных проектах, обеспеченных ресурсами, а цели проектов должны соответствовать национальным задачам. Стратегия, как инструмент управления ресурсами для достижения перспективных целей, имеет конкретное значение для различных мировых экономик. При этом различают европейский подход, сложившийся в странах ЕС (Германия, Франция, Великобритания) и восточный подход, принимаемый рядом стран АТР (Корея, Япония, современный Китай и др.). В странах ЕС предпочтительной считается стратегия, основанная на последовательной реализации намечаемых целей с учетом возможности использования полученных результатов при формировании и достижении новых целей. В восточных странах главный акцент делается на гармоничности развития, где учитываются разные составляющие развития (экономика, промышленность, общественное развитие, экология и др.). Если с этих позиций оценивать намеченные и реализуемые задачи развития России, то принимавшиеся стратегии можно условно назвать поступательно-возвратными [4], когда не всегда удавалось достичь результатов в полном объёме, а частично достигнутые результаты не использовались при обосновании и достижении новых целей.

В перспективе при формировании инновационной стратегии развития нашей страны желательно использовать европейский и восточный подходы, а стратегия развития должна быть адаптационной и гармоничной, объединяющей сильные стороны ее ресурсного и высокотехнологичного потенциалов, обеспечивающей их межотраслевое взаимодействие и способной в процессе ее реализации учесть перспективы развития основных составных частей: экономики, общества, науки и технологий, экологии и интересы будущих поколений.

Стратегия научно-технологического развития России

ТЭК России в 2019 году по всем отраслям, а это 9 бывших союзных министерств, добился рекордных показателей. Конечно, кризисный 2020 год выпадает из общей тенденции развития ТЭК за последние годы.

Указом президента России от 1 декабря 2016 г. № 642 утверждена Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Постановлением Правительства Российской Федерации от 19 февраля 2019 г. № 162 приняты Правила разработки, утверждения, реализации, корректировки и завершения комплексных научно-технических программ полного инновационного цикла (КНТП) и комплексных научно-технических проектов полного инновационного цикла.

Минэнерго России совместно с нефтегазовыми компаниями подготовило информацию об актуальных направлениях научных исследований и внедрения инновационных технологий. Анализ полученной информации позволил установить, что наиболее перспективным направлением реализации технологий является повышение эффективности разработки крупных,

Ветропарк. Зимовниковский район, Кубань
Источник: «Новавинд»

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(160) / 2021

Нововоронежская АЭС

Источник: «Росатом»

гигантских и уникальных месторождений Западной Сибири. Совет по приоритетному направлению научно-технологического развития Российской Федерации «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, новых источников, способов транспортировки и хранения энергии» (председатель совета – тогда президент РАН академик В. Е. Фортов) 29 ноября 2018 г. одобрил формирование комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Цифровая и технологическая модернизация крупнейшего в мире Западно-Сибирского центра нефтегазодобычи».

Аналогичные комплексные научно-технические программы полного инновационного цикла находятся в конечной стадии разработки и охватывают все отрасли и подотрасли российской экономики.

Реализация программ полного инновационного цикла позволит решить научно-технические и социально- экономические задачи и получить результаты мирового уровня путем разработки и внедрения инновационных технологий в рамках приоритетов, определенных стратегий научно-технологического развития Российской Федерации.

Переход к инновационному развитию страны невозможен без создания целостной системы, основу которой составляет фундаментальная наука. Фундаментальная наука обеспечивает получение новых знаний о природе, человеке и обществе. Полученные научные результаты являются научным базисом инновационных технологий.

Использованные источники

1. *Инновационно-технологическое развитие экономики России: проблемы, факторы, стратегии, прогнозы. Коллективная монография, отв. редактор академик В. В. Ивантер. М.: МАКС-Пресс, 2005. 590 с.*
2. *Дмитриевский А. Н., Комков Н. И., Мастепанов А. М., Кротова М. В. Ресурсно-инновационное развитие России. М., ИКИ, 2014. 744 с.*
3. *Дмитриевский А. Н., Мастепанов А. М., Бушуев В. В. Ресурсно-инновационная стратегия развития экономики России. Вестник РАН. 2014 г., т. 84, № 10. С. 867–873.*
4. *Комков Н. И. Проблемы управления развитием крупномасштабных социально-экономических систем. М., Издательский дом «Наука», 2020. 151 с.*
5. *Россия в цифрах. Официальное издание. Краткий статистический сборник. М.: Федеральная служба статистики, 2020. 550 с.*
6. *Инновационная экономика: энциклопедический словарь-справочник. М.: МАКС-Пресс, 2012. 542 с.*
7. *Проблемы и перспективы технологического обновления российской экономики. Коллективная монография. Ответственные редакторы: академик В. В. Ивантер, д. э. н., проф. Комков Н. И. М.: МАКС-Пресс, 2008. 738 с.*
8. *Прогнозирование перспектив технологической модернизации экономики России. Коллективная монография. М.: МАКС-Пресс, 2010. 811 с.*
9. *Международная конференция международного газового союза, США, Вашингтон, IGU internation conference, Washington DC, 2018.*
10. *URL: http//socis.ucos.ru.*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(160) / 2021

УДК 665.6/.7

DOI 10.46920/2409-5516_2021_6160_38

Новая звезда на химическом небосводе

A new star in the chemical sky

Светлана САЙГАТКИНА
Обозреватель журнала «Энергетическая политика»
e-mail: gorshkovaaa@minenergo.gov.ru

Svetlana SAYGATKINA
Columnist for Energy Policy
e-mail: gorshkovaaa@minenergo.gov.ru

Церемония подписания соглашения по слиянию «СИБУРа» и «ТАИФа» *Источник: «СИБУР»*

Аннотация. В России объединяются два крупнейших игрока на нефтегазохимическом поле – «СИБУР Холдинг» и группа «ТАИФ». Объединенная компания намеревается по завершении своих запланированных проектов ворваться в топ-5 крупнейших нефтегазохимических игроков мира. Правительство, на фоне предполагаемого падения спроса на нефть и газ и необходимости увеличения добавленной стоимости, намерено оказывать поддержку нефтегазохимической отрасли, стимулируя внутренний спрос и повышая конкурентоспособность российских компаний.
Ключевые слова: нефтехимические компании, слияние, полиэтилен, этан, каучук, производственные мощности.

Abstract. Largest players in the oil and gas chemical field in Russia are uniting - SIBUR Holding and TAIF group. The combined company intends, upon completion of its planned projects, to break into the top 5 largest petrochemical players in the world. Against the background of the expected drop in demand for oil and gas and the need to increase added value, the government intends to support the petrochemical industry, stimulating domestic demand and increasing the competitiveness of Russian companies.
Keywords: petrochemical companies, merger, polyethylene, ethane, rubber, production facilities.

На базе «СИБУР Холдинга» будет создана компания, в которой акционеры «ТАИФа» получат 15 % взамен на передачу в СП контрольного пакета

В конце апреля было объявлено о слиянии двух крупнейших нефтегазохимических компаний. В рамках слияния на базе «СИБУР Холдинга» будет создана компания, в которой действующие акционеры «ТАИФа» получат долю в размере 15 % взамен на передачу контрольного пакета акций группы, состоящей из нефтехимических и энергетических предприятий. Оставшийся пакет акций «ТАИФа» может быть впоследствии выкуплен объединенной компанией.

«СИБУР» принадлежит российским бизнесменам Леониду Михельсону, Геннадию Тимченко, страховой компании «СОГАЗ», китайскому нефтехимическому гиганту Sinopec и китайскому Фонду Шелкового пути, а также бывшему и действующему менеджменту.

Структура акционеров группы «ТАИФ» довольно запутанна. Решение о создании инвестиционной группы «ТАИФ» было принято в апреле 1995 года на совещании с участием президента Татарстана Минтимера Шаймиева. Официально было известно, что сыну бывшего главы республики Радику Шаймиеву принадлежало 11,97 % «ТАИФа», Гузелии Сафиной – 4,5 %, Альберту Шигабутдинову, нынешнему главе совета директоров «ТАИФа» – 8,02 %.

Крупнейшими нефтехимическими активами «ТАИФа» являются «Нижнекамскнефтехим» (НКНХ) и «Казаньоргсинтез» (КОС). «ТАИФ» владеет 75,6 % НКНХ, а также 53,93 % КОС (структуре правительства Татарстана принадлежит 19,87 % уставного капитала КОС).

Кроме того, в состав группы входят генерирующая компания АО «ТГК-16», а также нефтекомплекс АО «ТАИФ-НК» с сетью АЗС. По итогам 2020 года доля «ТАИФа» в общем объеме производства РФ составила: по каучукам – 64 %, по пластикам – 28 %, при этом группа является единственным в России производителем поликарбонатов, сэвилена и ряда других востребованных видов полимерной продукции.

Сделка будет закрыта при условии прохождения необходимых корпоративных процедур и получения регуляторных согласований.

«РусВинил». Кстово, Нижегородская область

Источник: «СИБУР»

В случае ее совершения структура владельцев «СИБУРа» будет выглядеть так: Л. Михельсон (31 %), акционеры «ТАИФа» – 15 %, Г. Тимченко (14,45 %), Sinopec и Фонд Шелкового пути (по 8,5 %), «СОГАЗ» (10,625 %), действующий и бывший топ-менеджмент (12,325 %).

«СИБУР»

«СИБУР» по состоянию на конец 2020 года обладает крупнейшими мощностями по производству полиэтилена (1,77 млн т) и полипропилена (1,5 млн т). Так, «Запсибнефтехим» (г. Тобольск), запущенный в 2020 году, может выпускать 1,5 млн т полиэтилена (полиэтилен низкого давления, линейный полиэтилен) и 0,5 млн т полипропилена. Кроме того, в составе компании действует «Тобольск-Полимер», производящий 0,5 млн т полипропилена, «Томскнефтехим» – 140 тыс. т полипропилена и 270 тыс. т полиэтилена. Совместное предприятие «СИБУРа» с «Газпром нефтью» – «Полиом» – производит 218 тыс. тонн полипропилена, другое СП – НПП «Нефтегазохимия» – 130 тыс. т.

Потребление полиэтилена в РФ составляет 13,4 кг на человека, чуть больше чем в Азии, тогда как в Европе этот показатель достигает 26 кг на человека, в Северной Америке – 33 кг на человека

«Русвинил» (СП «СИБУРа» с Solvay) может производить 330 тыс. тонн поливинилхлорида (ПВХ), используемого в производстве труб и окон, занимая около 40 % российского рынка.

Мощности компании по производству полиэтилентерефталата (ПЭТФ), используемого для пластиковой тары, – около 300 тыс. т (219 тысяч тонн производит АО «Полиэф» в Башкирии и 75 тыс. т – «СИБУР-ПЭТФ» в Твери), при этом доля рынка – около 48 %.

«СИБУР-Химпром» имеет мощность по производству 100 тыс. т вспенивающегося полистирола (ПСВ), а «Биаксплен» может произвести 185 тыс. т БОПП-пленок.

В результате «СИБУР» является лидером в России по выпуску полиэтилена низкой плотности (ПЭНП), полипропилена, БОПП-пленок и ПСВ.

Кроме того, «Полиэф» является единственным в России производителем терефталевой кислоты (350 тыс. т), которая необходима для производства ПЭТФ. «СИБУР» также является лидером по производству второго необходимого компонента для создания ПЭТФ – моноэтиленгликоля (МЭГ). В России этот продукт помимо «СИБУРа» производят только «Нижнекамскнефтехим» и «Казаньоргсинтез», то есть данный сегмент в случае объединения компаний будет монополизирован.

«СИБУР» также стоит на первом месте по мощностям для производства СКС (стиролбутадиенового каучука) и ДССК (дивинилстирольный синтетический каучук) – 107 тыс. т и термоэластопластов (ТЭП) – 85 тыс. т. Второе место занимает по выпуску СКД (бутадиеновый каучук) – 131 тыс. т.

Главным инвестиционным будущим проектом «СИБУРа» станет Амурский газохимический комплекс (АГКХ) на ресурсах этана и сжиженных углеводородных газах (СУГ), получаемых на Амурском газоперерабатывающем заводе «Газпрома». Предполагаемая мощность – 2,3 млн т полиэтилена и 400 тыс. т полипропилена в год.

В пандемийном 2020 году выручка «СИБУРа» за счет многообразия товаров, спрос на которые менялся разнонаправленно, сократилась лишь на 1,6 % к 2019 году – до 523 млрд рублей. Показатель EBITDA увеличился на 5 % – до 179 млрд рублей, а рентабельность по EBITDA возросла на 2,3 п. п. – до 34,3 %. Скорректированная прибыль осталась на уровне прошлого года – 93 млрд руб.

«Казаньоргсинтез»

Точный список активов группы «ТАИФ», которые войдут в сделку, пока не объявлен и будет зависеть в том числе от решения Федеральной антимонопольной службы (ФАС). В ведомстве уже подчеркивают, что в силу масштабности сделки необходимо оценить ее влияние как на внутренний, так и на внешний рынки производства и переработки нефтегазохимии.

В случае слияния «СИБУР» поглотит двух своих ближайших конкурентов по выпуску полиолефинов (полиэтилен и полипропилен) – «Казаньоргсинтез» занимает второе место по производству полиэтилена – 727 тыс. т, НКНХ может производить 210 тыс. т полиэтилена и столько же полипропилена.

КОС производит более 170 марок химической продукции – полиэтилен, бисфенол А, поликарбонат, полиэтиленовые трубы, этиленгликоли. Общий объем годового производства – 1,7 миллиона тонн.

КОС пока единственный в стране использует в качестве сырья этан, поставляемый по трубопроводу с Оренбургского ГПЗ «Газпрома», а также Миннибаевского ГПЗ «Татнефти». Ранее у КОСа были трения с «Газпромом» по поставке этана, однако после длительных переговоров был заключен долгосрочный контракт. В настоящее время предприятие реализует проект

ПГУ-250 на «Казаньоргсинтез»
Источник: времяроссии.рф

по модернизации этиленового производства, чтобы компенсировать дефицит этана за счет организации технической возможности переработки альтернативного сырья – пропана, а также увеличить объем производства этилена. Основными видами сырья для «Казаньоргсинтеза» являются этан, этилен, пропан-бутан и бензол, периодически предприятие закупает товарный этилен у НКНХ.

«СИБУР» по итогам 2020 года продал сторонним компаниям 3,3 млн т СУГ, что было на 35 % меньше, чем годом ранее, поскольку стал вовлекать СУГи в нефтегазохимию на «Запсибнефтехиме». Таким образом, «СИБУР» может стать поставщиком СУГ для предприятий Татарстана.

КОС производит 100 % отечественного поликарбоната, бисфенола А и сэвилена.

«СИБУР» поглощает двух своих конкурентов по выпуску полиолефинов: «Казаньоргсинтез» производит 727 тыс. т полиэтилена, мощности НКНХ по полиэтилену и полипропилену достигают 210 тыс. т

При этом основная доля производимого бисфенола А направляется для производства поликарбоната, также бисфенол А используется при производстве эпоксидных смол, применяемых в различных отраслях промышленности. Поликарбонаты широко применяют как конструкционные материалы в автомобилестроении, электронной и электротехнической промышленности, в бытовой и медицинской технике, приборо- и самолетостроении, промышленном и гражданском строительстве. Листы из поликарбоната применяют для остекления зданий и спортивных сооружений, теплиц и для производства высокопрочных многослойных стекол.

На рынке производителей полиэтиленовых труб КОС занимает долю в 25 %, входя в тройку ведущих в России. Производимые трубы широко применяются в системах газоснабжения, водоснабжения, канализации, системах технологических трубопроводов.

В 2020 году выручка КОСа составила около 62,8 млрд рублей, из нее наибольшая доля пришлась на полимеры и сополимеры этилена – 70 % и поликарбонаты – 16 %. Чистая прибыль КОСа в 2018 году – 19,9 млрд рублей, в 2019 году – 11,6 млрд рублей, в 2020 году – 8,6 млрд рублей.

«Нижнекамскнефтехим»

«Нижнекамскнефтехим» (НКНХ) замыкает тройку лидеров по мощностям этилена в России – 600 тыс. тонн в год, занимая первое место в секторе синтетических каучуков (СК). Общие мощности компании по выпуску базовых полимеров составляют 680 тыс. тонн в год.

Компания является мировым лидером по выпуску изопренового каучука с долей 37,8 % на глобальном рынке и третьим в мире поставщиком бутиловых каучуков с долей 16,3 %. Кроме того, НКНХ занимает 4,7 % на мировом рынке бутадиенового каучука, входя в ТОП-10 мировых производителей синтетического каучука.

Нижнекамский нефтехимический комбинат

Источник: времяроссии.рф

Компания	Полиэтилен, тыс. т	Полипропилен, тыс. т
«СИБУР»	1770	1500
«Казаньоргсинтез»	730	
«Нижнекамскнефтехим»	210	210
«Уфаоргсинтез»	90	120
«Ставролен»	300	120
«Газпром нефтехим Салават»	165	
Ангарский завод полимеров	80	
Всего	3345	1950
Доля объединенной компании на рынке	81%	88%

Таблица 1

НКНХ строит новый комплекс по производству этилена на 600 тыс. тонн в год, а также его производных, в том числе полиэтилена и полипропилена. Кроме того, наращиваются мощности производства изопрена до 333 тыс. тонн в год, мощности галобутилового каучука (ГБК) планируется нарастить со 150-ти до 200 тыс. т в год.

Доля продаж синтетического каучука НКНХ в Европу составляет 35,4 %, в Азию – 31,3 %, на рынок Северной Америки приходится 10,7 %, а на Россию – лишь 8,6 %. В то же время почти все пластики НКНХ продает на внутреннем рынке – 83,6 %, еще 11,9 % приходится на рынки стран ближнего зарубежья, на Европу – лишь 3,6 %.

Помимо каучуков и пластиков, НКНХ также производит и реализует прочую нефтехимическую продукцию на основе олефинов и их производных – полиэфиры, гликоли и гликолевые эфиры, тримеры и тетрамеры пропилена, поверхностно-активные вещества и другие виды продукции. По ряду из них «Нижнекамскнефтехим» является значимым участником российского рынка.

В частности, компания является единственным отечественным крупнотоннажным производителем простых полиэфиров на основе окиси пропилена, единственным в России и странах ближнего зарубежья производителем тримеров и тетрамеров пропилена, неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ) на основе алкилфенолов и вторым крупнейшим российским поставщиком оксида этилена и этиленгликолей.

К 2025 году НКНХ рассчитывает производить 1,2 млн т этилена, 0,8 млн т каучука и до 1,4 млн т пластиков.

Новая компания

После завершения всех инвестиционных проектов, находящихся в стадии реализации, объединенный «СИБУР» войдет в ТОП-5 глобальных лидеров по производству полиолефинов (полиэтилен и полипропилен) и каучуков, рассчитывают партнеры.

В настоящее время крупнейшие компании по производству полиэтилена и полипропилена в мире являются ExxonMobil, Dow Chemical, SABIC (Саудовская Аравия), акционер «СИБУРа» – китайская Sinopec, LyondellBasell Industries, Ineos, BASF, Braskem, Borealis и др.

В результате объединенная компания займет на рынке полиэтилена (различных марок) 81 % российского рынка, а по полипропилену – 88 %.

Другими производителями полиэтилена и полипропилена в России являются «Уфаоргсинтез» (входит в «Роснефть»), «Ставролен» («ЛУКОЙЛ»), Ангарский завод полимеров («Роснефть»), «Газпром нефтехим Салават».

НКНХ является единственным в РФ и странах ближнего зарубежья производителем тримеров и тетрамеров пропилена, а также неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ) на основе алкилфенолов

Состояние отрасли

Мировое потребление основных полимеров в мире в 2019 году (данные IHS Markit, которые приводит «СИБУР») составило 250 млн т, из них крупнейшим был полиэтилен – 105 млн т или 42 %, на полипропилен пришлось 76 млн т (30 %), спрос на полиэтилентерефталат (ПЭТФ) составил 10 % – около 25 млн т, остальное поливинилхлорид (ПВХ) – 18 % или 45 млн т. Спрос на полимеры с 2017 года вырос на 18 млн т, потребление полиэтилена увеличилось на 8 млн т, а полипропилена – на 6 млн т, распределение долей не изменилось.

Согласно расчетам IHS, в течение 2015–2019 годов среднегодовой темп прироста составил по полипропилену 4,7 %, по полиэтилену – 4,3 %, а в Азии эти показатели составили 6,3 % и 7,4 % соответственно. При этом среднегодовой темп роста мирового валового внутреннего продукта (ВВП) составил лишь 2,9 %.

Нефтегазохимическая отрасль является цикличной, и после периода подъема в 2015–2018 годах замедление экономического роста в таких странах, как Китай, принесло свое негативное влияние – спрос на многие нефтехимические продукты начал падать вместе с ценами.

Одновременно запускались производства, решение об инвестировании в которые было принято в «тучные» годы, что создало ситуацию перегрева.

В частности, благодаря сланцевой революции и, соответственно появлению дешевого этана США произвели бум в производстве этилена и его производных – за 2015–2019 годы в Северной Америке были построены беспрецедентные объемы мощности по этилену, одному из основных звеньев нефтегазохимической цепочки.

Нефтехимическая отрасль циклична. После ее подъема в 2015–2018 годах, началось падение спроса и цен на многие нефтехимические продукты из-за замедления экономического роста в ряде стран

Полимерный гранулят
Источник: XXLPhoto / Depositphotos.com

На сегодняшний день суммарная мощность комплексов по производству этилена в мире составляет около 175 млн т, здесь лидируют США – 36 млн т, далее следует Китай – 20 млн т, Саудовская Аравия – 18 млн т.

По словам генерального директора Центра отраслевых исследований Андрея Костина, нефтехимия сейчас находится в фазе глобального падения. «Из-за предыдущих успешных лет появилось много мощностей, что давит на цены, в результате загрузка этих мощностей по всему миру снижается, и люди теряют интерес к инвестициям, а спрос продолжает при этом расти. В какой-то момент загрузка текущих мощностей достигнет высоких показателей, цены начнут расти и инвестиции снова возобновятся. Следующий рост начнется примерно через 4–6 лет, поэтому сейчас самое время начать строить, чтобы мощность вошла в рынок на фазе роста», – сказал он.

Эксперты IHS полагают, что в течение 2020–2024 годов при росте мирового ВВП на 3,8 % каждый год потребление полипропилена в мире будет расти на 4,7 % в год или на 4 млн т, а полиэтилена – на 4,3 % или 5 млн т в год. Для Азии эти цифры будут еще больше – 5,9 % и 5,7 % соответственно.

«Глобальная нефтехимическая отрасль находится в списке наиболее динамично развивающихся, существенно опережая мировой ВВП по темпам роста (4 и 2,5 % в год в среднем за последние 10 лет соответственно). При этом она весьма устойчива к изменениям глобальной экономической конъюнктуры – так, даже с учетом пандемии коронавируса, введения карантинных ограничений и закрытия границ некоторые сегменты нефтехимии (в частности полимеры) в 2020 году показали положительную динамику потребления», – говорит консультант VYGON Consulting Артем Лебедской-Тамбиев.

«В перспективе тенденция сохранится, а основной вклад в рост спроса будут вносить развивающиеся страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), Африки и Ближнего Востока. На данный момент большинство нефтехимических мощностей перерабатывают нафту, но ее доля будет снижаться с вводом новых пиролизов на этане и СУГ в регионах с дешевым сырьем (Ближний Восток, Россия и США)», – полагает он.

Планы России

Нефтегазохимические мощности и их развитие считать крайне сложно, ввиду обширной номенклатуры сырья и производимой продукции. Один из вариантов – считать мощности пиролизов по этилену как основному продукту. Производными этилена могут стать полиэтилен, оксид этилена, стирол и другие продукты, которые, соответственно, можно превратить в пластики.

Пластиковая промышленность
Источник: AppleEyesStudio / Depositphotos.com

На сегодняшний день суммарная мощность комплексов по производству этилена в мире составляет около 175 млн т. Здесь лидируют США – 36 млн т, Китай – 20 млн т и Саудовская Аравия – 18 млн т

Так, согласно расчетам Минэнерго, производство этилена в России через 5 лет может увеличиться в три раза – с 4,77 млн т до 12,4 млн т в год, а к 2030 году – до 15,14 млн т/г.

В случае реализации заявленных планов всех российских компаний доля объединенного «СИБУРа» в производстве этилена может снизиться до 48 % к 2025 году по сравнению с текущими 63 %.

В настоящее время российские мощности представлены следующим образом: 1,5 млн т «ЗапСибНефтехима», 600 тыс. т «Нижнекамскнефтехима», 640 тыс. т «Казаньоргсинтеза» (MOEX: KZOS), 300 тыс. т производит Ангарский завод полимеров, 420 тыс. т «СИБУР-Кстово», прочие производители – 1,31 млн т.

Мощности по производству этилена к 2025 году планируют ввести не только «СИБУР» (2,3 млн т на Амурском ГХК) и «Нижнекамскнефтехим» (+600 тысяч тонн). Основной прирост, как ожидается, обеспечит «Русхимальянс» (СП «Газпрома» и «РусГазДобычи»), который планирует запустить мощность на 3,1 млн т этилена.

Иркутская нефтяная компания (ИНК) строит Иркутский завод полимеров, который будет вырабатывать 670 тыс. тонн в год этилена. «Газпром» не сдается со строительством Новоуренгойского газохимического комплекса на 420 тыс. т/год. Прочие производители, как ожидается, увеличат производство этилена с 1,3 млн т в 2020 году до 1,8 млн т/г. в 2025 году и до 1,96 млн т/г. в 2030 году: «ЛУКОЙЛ» в 2030 году планирует запустить пиролиз на 1,1 млн т/г., «Восточная НХК» – 1,43 млн т, Ангарский завод полимеров увеличит производительность с 300 до 454 тыс. т в год.

По расчетам Минэнерго, реализовав эти планы, Россия займет 6,3 % на миро-

вом рынке этилена по сравнению с текущей 2,7 %.

По словам А. Лебедского-Тамбиева, с учетом установок по производству еще и пропилена суммарная мощность производства олефинов в РФ составляет порядка 8,5 млн т и не превышает 3 % мировых.

Для реализации планов по развитию нефтегазохимии Правительство РФ приняло меры по стимулированию вовлечения в нефтегазохимию газового сырья – этана и сжиженных углеводородных газов (СУГ). Для них был введен обратный акциз в случае вовлечения их в создание нефтегазохимической продукции. Обратный акциз на нафту действует уже несколько лет.

Упаковка на установке выделения бутадиен-нитрильных каучуков
Источник: «СИБУР»

«С учетом того, что обратный акциз уже несколько лет применяется для всей нефтехимии, работающей на нафте, решение о введение обратного акциза на этан и СУГ фактически уравнивает условия для химических производств на различном сырье. Кроме того, чтобы воспользоваться льготой, нефтехимическим предприятиям необходимо будет с 1 января 2022 г. либо запустить дополнительные мощности по переработке сырья в объеме не менее 300 тыс. т в год, либо провести значительную модернизацию уже существующего производства», – отметил А. Лебедской-Тамбиев.

«Выход олефинов с нафтовых пиролизов ниже, чем с пиролизов на легком сырье, поэтому складывалась парадоксальная ситуация, при которой поддерживались менее эффективные с точки зрения выпуска полиолефинов (ключевой и дефицитной до недавнего времени продукции) производства. Кроме того, из-за инфраструктурных ограничений переработка этана в России практически не развита – из 10–12 млн т этана, который содержится в добываемом природном газе, перерабатывается всего около 700 тыс. т. Поэтому введение стимулирующей поддержки повысит экономическую эффективность комплексных производств и сделает данные проекты рентабельными», – полагает он.

По оценке Минэнерго, в целом, в результате мер по поддержке нефтехимии, ее производство вырастет на 8–16 млн т, в отрасль будет привлечено дополнительно 2,6–4,6 трлн руб. инвестиций до 2030 г., несырьевой экспорт вырастет на 9–18 млрд долл.

«Каждая тонна сырья – нафты, СУГов, этана – даёт прирост добавленной стоимости до четырёх раз относительно базового сырья. Это намного выше, чем добавленная стоимость переработки», – говорил вице-премьер РФ Александр Новак.

По его словам, за последние семь лет производство крупнотоннажных полимеров, синтетических каучуков в России по итогам 2019 года выросло почти на 50 % и достигло 6,8 млн тонн. «Запсибнефтехим» вошёл в десятку мировых мощностей по производству этилена, а по объёму переработки СУГ будет являться самым крупным в мире.

«До недавнего времени ключевым для отечественных нефтехимических производителей был внутренний рынок, единственным исключением являются каучуки, более 70 % выпуска которых экспортируется. Благодаря выходу «Запсибнефтехима» на полную мощность, потребности российского рынка в базовых полимерах с 2020 г. полностью покрываются отечественными производителями. Поэтому большинство планируемых и строящихся в России крупнотоннажных проектов (совокупной мощностью более 9 млн т) являются экспортно-ориентированными», – сказал А. Лебедской-Тамбиев.

Каучковая промышленность находится в гораздо более тяжелой ситуации, чем полимеры, причем не первый год, а в пандемию ей досталось еще больше. По данным International Rubber Study Group, мировой спрос на каучуки в 2019 году снизился на 1 %, а в 2020 году – на 6,5 %. Производство каучука в 2019 году упало на 1,1 %, в 2020 году – на 4,9 %. В 2019 году производство каучуков в мире, как натуральных, так и синтетических, составило около 29 млн т (на 1,1 % меньше, чем в 2018 году), а в 2020 г. упало на 4,9 % – до 27,7 млн т. Таким образом, Россия, произведя в 2020 году около 1,5 млн т каучука, занимает около 5 % мирового рынка. В Европе производится около 4 млн т синтетического каучука, в Африке – 1,1 млн т натурального каучука, Америка выпускает 2,75 млн т синтетических каучуков и 340 тыс. т натурального каучука, Азия – 12,3 млн т натурального и 8,4 млн т синтетического каучука.

Конкурентными преимуществами российской нефтехимии, заметил эксперт Vygon Consulting, являются «большие объемы дешевого сырья, низкая стоимость которого обеспечивается налоговыми и таможенными субсидиями, а также стоимостью его транспортировки».

Место в мире

Несмотря на то, что основные строящиеся проекты пока являются экспортно-ориентированными, Россия намерена развивать и внутренний рынок потребления нефтехимической продукции.

Идея объединить нефтехимические бизнесы группы «ТАИФ» и СИБУРа», как рассказал Л. Михельсон, родилась десять лет назад. Он предположил, что к практической реализации эти намерения подтолкнуло совещание у президента РФ Владимира Путина по развитию нефтегазохимии в Тобольске.

На этом совещании были подробно рассмотрены вопросы повышения спроса на нефтехимическую продукцию, а также новые меры поддержки отрасли.

Пандемийный год нефтегазохимическая отрасль, благодаря многообразию выпускаемой продукции, пережила неоднородно. После того, как человечество закрылось в домах на карантин, использование пластика в таких отраслях, как автомобилестроение упало, по той же причине серьезно просело и производство каучуков для шин. Но с другой – людям понадобилось больше компьютерной техники и различных гаджетов, где также используются пластики.

Пока люди были заперты в своих старых домах, строительные компании продолжали при поддержке правительства возводить им новые – здесь понадобились и полимерные трубы, и пластиковые окна из ПВХ, и изоляция, и многое другое. Но серьезнейшим локомотивом, конечно, стала медицина – именно из полипропилена производятся медицинские маски и защитная одежда. Возник серьезный спрос на одноразовую упаковку. В то же время серьезно пострадал метанол, использующийся для производства моторных топлив.

Пока эксперты не берутся предсказать, насколько эти новые тренды будут долгосрочными, в частности, как сильно

Современные беговые дорожки для стадионов на основе полиуретановой смеси
Источник: HannaAlandi / Depositphotos.com

повлияет возможность дистанционной работы на потребление различных видов пластиков.

«Спрос на дорогие товары длительного пользования, такие, как автомобили, будет зависеть от уверенности потребителей и того, как быстро восстановятся рынки труда. Несмотря на то, что правительства многих стран вводят стимулирующие меры, восстановление до доковидных уровней займет, вероятно, несколько лет для многих химических продуктов. Также вероятно, что произойдут долгосрочные изменения, о которых мы еще не знаем. «Работа из дома» доказала свою эффективность для многих компаний, что повлияет на автомобильную промышленность, строительство зданий

и топливные рынки», – говорит вице-президент по ароматическим углеводородам и интеграции нефтепереработки и нефтехимии IHS Markit Чак Карр (Chuck Carr).

В ходе совещания глава «СИБУРа» Дмитрий Конов, несмотря на то, что крупнейшим производителем каучуков является НКНХ, попросил за всю отрасль: «ключевые котировки по каучукам – как по натуральным, так и по каучукам, связанным с шинной промышленностью, – неуклонно снижались последние 10 лет».

По его словам, из-за проседания автомобильной отрасли на фоне пандемии и других факторов «многие виды каучука находятся реально на грани операционной рентабельности».

В результате правительство теперь ищет способы поддержки производителей синтетического каучука – снова рассматривается введение обратного акциза с демпферным механизмом.

Кроме того, по просьбе главы «Роснефти» Игоря Сечина рассматривается вопрос поддержки строительства ВНХК («Восточная нефтехимическая компания»), а по просьбе президента «ЛУКОЙЛа» Вагита Алекперова – предложение о стимулировании вовлечения в нефтехимический процесс пропилена, вырабатываемого на нефтеперерабатывающих заводах.

Также изучаются меры по стимулированию потребления полимеров. «На данный момент потребление полиолефинов в РФ составляет порядка 3 млн т, при этом по темпам роста Россия исторически отставала от мировых показателей. Но стоит отметить, что внутренний рынок заключает в себе потенциал значительного роста. Потребление пластика на 1 человека в России более чем в 2 раза меньше, чем в Европе. Поэтому развитие отраслей-потребителей, в первую очередь строительства и производства упаковки, также станет драйвером роста и химии», – говорит А. Лебедской-Тамбиев.

Согласно данным IHS Markit и МВФ, представленным «СИБУРом», потребление полиэтилена на душу населения в России составило в 2019 году 13,4 кг на человека, чуть больше чем в основном потребителе нефтехимической продукции – Азии, при этом в Европе – около 26 кг на человека, а в Северной Америке – 33 кг на душу населения.

Д. Конов обратил внимание президента РФ на то, что в России по сравнению с другими странами использование полимерных решений, которые позволяют экономить на этапе строительства и особенно на этапе эксплуатации, существенно ниже, чем в Европе. В результате правительству поручено при разработке плана мероприятий по модернизации объектов коммунальной инфраструктуры (объектов теплоснабжения, систем водоснабжения и водоотведения), степень износа которых превышает 60 %, предусмотреть «использование инновационных материалов отечественного производства, обеспечивающих энергоэффективность систем коммунальной инфраструктуры». Также поручено рассмотреть вопрос о расширении применения полимерных материалов при добыче нефти и газа и строительстве нефтепроводов.

Производство биаксиально-ориентированных пленок (БОПП) на заводе Биаксплен *Источник: easylabeling.com*

Производство биаксиально-ориентированных пленок (БОПП) на заводе Биаксплен *Источник: manypack.com.ua*

Ложка дегтя

«СИБУР» понимает, что минусы полимеров в экологической повестке общества, которая вышла на первый план, это их «визуальность». Отходы пластика загрязняют и почву, и мировой океан, разлагаясь десятками лет и отравляя жизнь живых организмов.

«Мы будем работать на то, чтобы перерабатывать пластики», – пообещал Д. Конов.

В свою очередь В. Путин подчеркнул, что нефтегазохимические производства играют важную роль в климатической повестке нашей страны – для снижения доли сжигаемого попутного нефтяного газа, основным переработчиком которого является «СИБУР». Президент заметил, что при производстве пластиков выбросы углекислого газа на тонну продукции в 13 раз меньше, чем при производстве других материалов: алюминия, меди, стали и железа.

По словам А. Лебедского-Тамбиева, основным источником парниковых газов при производстве нефтехимической продукции является пиролиз, и на данный момент совокупные выбросы составляют порядка 7,6 млн т CO_2. «Стоит отметить, что, в связи с активным вводом новых мощностей, в будущем ожидается значительный рост выбросов парниковых газов – к 2030 г. более чем в 2,5 раза», – сказал он.

«На сегодняшний день выбросы парниковых газов на новых пиролизах в РФ и за рубежом почти не отличаются, при этом выбросы при транспорте сыпучих грузов, таких как полимеры, существенно ниже, чем при транспорте газообразного или сжатого сырья (этан и СУГ). Поэтому с точки зрения углеродного следа эффективнее строить нефтехимические мощности в месте производства сырья», – резюмировал эксперт.

По поручению президента Правительство РФ должно разработать комплекс налоговых и иных мер стимулирующего характера, направленных на обеспечение к 2030 году производства 25 % готовых изделий из полиэтилентерефталата и 10 % готовых изделий из полиолефинов с обязательным использованием вторичного сырья из полимерных отходов и (или) материалов, содержащих такое сырьё, и обеспечить реализацию этих мер.

К концу июня Правительство РФ должно актуализировать план мероприятий по развитию нефтегазохимического комплекса России на период до 2025 года.

УДК 665.72

DOI 10.46920/2409-5516_2021_6160_50

Конструктивная газохимия: тренды и горизонты развития в российских реалиях

Constructive gas chemistry: trends and development horizons in Russian realities

Валентин ПАРМОН
Председатель СО РАН, академик, д. х. н.
e-mail: secretary@sb-ras.ru

Valentin PARMON
President of SB RAS, Academician, Ph. doctor of chemistry
e-mail: secretary@sb-ras.ru

Юрий АРИСТОВИЧ
Директор по научным вопросам,
НТЦ «Газконсалтинг»
e-mail: aristovichyv@gmail.com

Yuriy ARISTOVICH
R&D Director,
R&D Center Gasconsulting
e-mail: aristovichyv@gmail.com

Алексей БРЕШЕВ
Проектный директор НТЦ «Газконсалтинг»,
к. э. н., доцент
e-mail: breshev@gmail.com

Aleksey BRESHEV
Project Director,
R&D Center Gasconsulting, C. E. Sc.
e-mail: breshev@gmail.com

Артём ВЛАСОВ
Руководитель программ
по технологическому развитию газовых
проектов «Газпромнефть НТЦ»
e-mail: vlasov.ai@gazpromneft-ntc.ru

Artem VLASOV
Program Manager for Technological
Development of Gas Projects,
R&D Center Gasconsulting
e-mail: vlasov.ai@gazpromneft-ntc.ru

Грач ОГАНЕСЯН
Специалист НОЦ «Газпромнефть-Политех»
e-mail: gra4oganesyan@gmail.com

Grach OGANESYAN
Specialist of REC «Gazpromneft-Polytech»
e-mail: gra4oganesyan@gmail.com

Александра САИТОВА
Заместитель директора
НОЦ «Газпромнефть-Политех», к. х. н.
e-mail: gorshkovaaa@minenergo.gov.ru

Aleksandra SAITOVA
Candidate of chemical sciences,
deputy director of REC Gazpromneft-Polytech
e-mail: gorshkovaaa@minenergo.gov.ru

Аннотация. Авторы рассматривают наиболее интересные химические процессы в современной газохимии. Отдельное место в статье занимает анализ процессов получения водорода. Авторы анализируют критерии отбора наиболее эффективных и экологически чистых технологий.
Ключевые слова: газохимия, водород, метанол, метан.

Abstract. The authors consider the most interesting chemical processes in modern gas chemistry. A separate place in the article is occupied by the analysis of the processes of hydrogen production. The authors analyze the criteria for selecting the most effective and environmentally friendly technologies.
Keywords: gas chemistry, hydrogen, methanol, methane.

В мировой политике наступило время глобального потепления, то есть всеобщего признания существенных климатических изменений

Порт Сабетта
Источник: KadnikovValerii / Depositphotos.com

Есть ли потепление, нет ли – а делать что-то придётся

Пока учёные мужи всех рангов, национальной принадлежности и направлений научных интересов жарко спорят о наличии или отсутствии глобального потепления на нашей планете и возможных величинах его проявлений, оно, это самое потепление, наступило. Нет, не в природе. Коллектив авторов вовсе не намерен в рамках этой статьи занять одну из сторон в указанном споре. Глобальное потепление наступило в сфере мировой политики. Но не в смысле улучшения отношений между странами – здесь видится иная ситуация – а в смысле всеобщего признания существенных климатических изменений и введения глобальных мер, направленных на масштабную борьбу с назначенными виновниками этого явления.

Объективных данных, позволяющих построить хоть сколько-нибудь адекватные модели и сделать научно обоснованные выводы не существует. Очевидно, что это никак не препятствует введению всё более крупных и действенных рычагов, приводящих в движение маховики, пружины, а где-то и жернова переустройства мирового промышленного производства. Декарбонизация, водородная энергетика, возобновляемые источники. Эти слова и их сочетания не о будущем – для мировой индустрии они уже обозначают вполне исчислимые штрафы, пошлины, преференции

Исследуя возможные пути переделов и химические превращения, логично одновременно не сбрасывать со счетов получение водорода – один из серьезных путей декарбонизации конечной продукции

и новые законы эффективности производства продуктов, развития старых и формирования новых рынков.

Попытаемся найти обоснованные пути возможных действий для российской отрасли добычи и переработки углеводородов в уже изменившихся и стремительно трансформирующихся условиях действия всё новых факторов.

Главные тренды добычи углеводородов в России таковы:

- движение на восток, где практически полностью отсутствует промышленная и логистическая инфраструктура;
- движение на север, где невозможно построение привычной инженерной и логистической структуры, а климатические параметры экстремальны по отношению ко всем мировым аналогам;
- увеличение газовой составляющей углеводородных запасов.

Нигде в мире нет региона с одновременным и столь значительным влиянием перечисленных трендов на большую часть отраслей, связанных с добычей и обращением углеводородного сырья. Россия снова не такая, как все? Это так, особенно в отношении технических аспектов промышленного обустройства в Восточной Сибири и Арктике. Дело не только в климатических условиях. Логистические цепочки сырья и продуктов настолько необычны, что поиск других, неиспользуемых в мировой практике путей представляется неизбежным.

Крупные технологические проекты последних лет, такие как Амурский ГХК, «ЗапСибНефтехим», Усть-Кутский завод полимеров и логистические, такие как «Сила Сибири», порт Сабетта и логистический комплекс на Ямале выстроены в местах, где экстремальные параметры размещения, всё же сочетаются с несколькими локальными преимуществами, что и позволило добиться экономической целесообразности за счёт максимального укрупнения величин переработки и транспортировки. Но перечень таких мест с сочетанием преимуществ, очевидно, иссяк. Страна у нас, конечно, огромная, но и она не бесконечна.

Порт Сабетта

Источник: KadnikovValerii / Depositphotos.com

Нефтехимический завод в Тобольске

Источник: andRU72 / Depositphotos.com

Газохимия: современно и своевременно

В мировом углеводородном сообществе, конечно, неспокойно в ожидании крупнейших за последнее столетие перемен. Шутка ли, гиганты добытчики уже серьёзно инвестируют не только в декарбонизацию углеводородных источников, но и в возобновляемую энергетику. Мир явно готовится стать иным. Среди высоких децибел информационного шума о новом облике светлого энергетического будущего всё более явно прослеживается голос совсем не нового, но очень необычного направления развития – газохимия.

Современный интерес к газохимии обусловлен несколькими причинами:

- увеличение газовых факторов сырья усиливает логику перемещения переработки в сторону объектов добычи;
- тенденция увеличения стоимости транспорта газовых продуктов при одновременном технологическом снижении затрат на глубокую переработку;
- газохимические процессы предоставляют возможность снижения «углеродного следа» продукции.

Под газохимией (хотя есть и другие варианты трактовки) обычно понимают переработку газообразных в нормальных условиях видов углеводородного сырья в конечные продукты производства. Эта область компетенций в разделении труда нефтяного бизнеса всегда относилась к Upstream. Но с учётом перечисленных факторов постепенно перемещается, а где-то уже и располагается, в Downstream – настолько отличны критерии выбора в новых реалиях добычи. Процессы газохимии стало необхо-

Преимущество водорода понятно: при его сжигании не образуется CO_2, однако объем выбросов NO_x превосходят выбросы сжигания природного газа. При этом H_2 имеет высокий потенциал как накопитель

Зимний вид на Байкал

Источник: shkonst / Depositphotos.com

димо сочетать с конфигурацией обустройства добычи уже на ранних фазах развития серьёзных проектов.

Есть ли альтернативы развитию газохимических процессов в мире и РФ? В мире – безусловно, есть. Путей получения продуктов много, и самый эффективный из них находится путем перебора огромного числа технологических возможностей. А вот в России сопоставимой альтернативы в очень многих случаях просто нет, и быть не может. И вот почему:

- очень высокое содержание газовой части в балансе прогнозного сырья;
- большие расстояния между местами добычи;
- большое число сравнительно небольших единичных количеств газового сырья и неликвидных фракций.

Стоимость прокладки 1 км участка трубопровода в Восточной Сибири в 2–4 раза выше, чем в Западной Сибири, а в Арктике мультипликатор может достигать значений в один-полтора десятка

В сочетании с общей проблемой логистики и всех инженерных параметров удалённых объектов размещения видна очевидная необходимость организации хоть какой-то, но довольно глубокой переработки на месте. Укрупнение единичной мощности даже при значительном увеличении глубины переработки и, соответственно, цены продукции, диктует необходимость систем сбора сырья, которая съедает полностью все преимущества такого пути.

Среднее расстояние между кустами добычи в Восточной Сибири сегодня составляет порядка 300–400 км, в арктической зоне и на Ямале – 150–300 км. При этом средние величины продуктивности на кустах добычи обычно не выше сопоставимых значений в других регионах в начале их разработки, а иногда и существенно ниже. Стоимость прокладки 1 км наземного участка трубопровода в 2–4 раза выше значений по Западной Сибири, а в арктических локациях мультипликатор может достигать значений в один-полтора десятка. Поэтому даже строительство продуктовых магистралей не обеспечит эффективность таких объектов.

В сочетании с общей проблемой логистики и всех инженерных параметров удалённых объектов размещения видна очевидная необходимость организации хоть какой-то глубокой переработки на месте

По линии вывоза и сбыта продуктов даже строительство крупных портовых сооружений – путь спасения многих объектов практически в любых южных регионах – само по себе не сулит существенных перспектив. Сама стоимость таких сооружений очень высока. Но морская структура логистики не решает проблему неликвидной части газового сырья. Получается довольно необычная ситуация: стоимость инженерного решения вопроса ликвидности газовой части настолько выше его конечной цены, что делает и нефтяную часть продукции неспособной вытащить проект в зону рентабельности. Парадокс?

На верхнем уровне решение выглядит довольно просто и состоит из всего нескольких составляющих:

Ангарская нефтехимическая компания

Источник: «Роснефть»

- нужно увеличить стоимость продукции из газового сырья путём углубления переработки;
- не следует укрупнять мощность, наоборот, следует искать процессы, в которых возможно добиться адекватной эффективности в сравнительно небольших технологических объёмах;
- необходимо искать пути взаимного влияния факторов, применяемых процессов и логистических путей, в том числе и возможностей по декарбонизации – только наличие синергии таких факторов позволит добиться резонных экономических значений в таких необычных условиях.

Новый взгляд на вещи: какие нужны процессы и продукты, а какие нет?

Для демонстрации возможностей газохимии в новых реалиях обращения углеводородного сырья предложен путь постадийного продвижения от верхнеуровневых постулатов к выполнению более конкретных оценок цепочек переделов.

Каждое вещество или соединение имеет индивидуальную энергетическую характеристику – энтальпия образования. Сравнивая величины ΔHf потенциальных сырьевых и конечных продуктов, видны неизбежные затраты каждого из переделов.

Исследуя возможные пути переделов и химические превращения, логично одновременно не сбрасывать со счетов и возможность получения водорода – один из серьезных путей декарбонизации конечной продукции, а значит и её ликвидности.

Не следует, конечно, забывать и про углеродный след любой продукции на выходе. В этом вопросе ожидаются очень жесткие экономические меры в самое ближайшее время. Эта тема подробно рассмотрена в статье [1].

Здесь и ниже представлены, конечно, не все возможные пути химических превращений и переделов на их основе. Цель статьи – лишь продемонстрировать подход к выбору и первичной оценке различных вариантов.

Уравнения реакции	ΔH реакции кДж/моль	Количество выделяемого водорода кг/кг компонента в сырье
$3H_2 + 2N_2 \leftrightarrow 2NH_3$	-91.88	0
$CH_4 \rightarrow C + 2H_2$	74.87	0.25
$2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$	376.48	0.19
$C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$	137.14	0.07
$C_3H_8 \rightarrow C_3H_6 + H_2$	124.21	0.05
$3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$	-597.39	0
$3C_2H_6 \rightarrow C_6H_6 + 5H_2$	336.81	0.11
$6CH_4 \rightarrow C_6H_6 + 9H_2$	532.04	0.19
$2C_3H_8 \rightarrow C_6H_6 + 5H_2$	290.4	0.11
$2n\text{-}C_4H_{10} \rightarrow p\text{-}C_8H_{10} + 5H_2$	269.1	0.09
$C_3H_8 + n\text{-}C_4H_{10} \rightarrow C_7H_8 + 5H_2$	279.4	0.09
$CH_4 + C_3H_8 + n\text{-}C_4H_{10} \rightarrow p\text{-}C_8H_{10} + 6H_2$	322.17	0.1
$CH_4 + 2C_3H_8 \rightarrow C_7H_8 + 6H_2$	332.47	0.14
$CH_4 + C_2H_6 + C_3H_8 \rightarrow C_6H_6 + 6H_2$	346.14	0.27
$CH_4 + n\text{-}C_5H_{12} \rightarrow C_6H_6 + 5H_2$	304.07	0.14
$CH_3 - CH_2 - CH_3 \rightarrow CH_2 = CH_2 + CH_4$	81.39	0
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3 \rightarrow CH_2 = CH - CH_3 + CH_4$	71.14	0
$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$	206.17	0.38
$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$	-41.17	0.07
$CO + 2H_2 \rightarrow CH_4O$	-94.47	0
$2C_6H_5OH + C_3H_6O \rightarrow C_{15}H_{16}O_2 + H_2O$	-62.55	0
$C_{15}H_{16}O_2 + (ClC_6H_4)2_SO_2 \rightarrow PSU$	-5.87	0
$CH_3OH + 0.5O_2 \rightarrow HCOH + H_2O$	-330.93	0
$C_6H_5OH + HCOH \rightarrow$ Смола	-82.3	0
$2C_6H_5Cl + SO_3 \rightarrow (ClC_6H_4)2SO_2 + H_2O$	31.04	0
$C_6H_6 + N_2O \rightarrow C_6H_5OH + N_2$	-261.29	0
$C_6H_5OH + 3H_2 \rightarrow C_6H_{11}OH$	-193.56	0
$C_6H_{11}OH + 2HNO_3 \rightarrow COOH(CH_2)4COOH + 2H_2O + N_2O$	-864.322	0

Таблица 1. Энергетические значения некоторых процессов газохимии и величины образующегося водорода

Из представленных в таблице 1 данных видно, что наибольший интерес с точки зрения энергетической составляющей представляют такие процессы, как (их показатели выделены зелёным цветом): получение бензола, бисфенола-А, метанола, а с точки зрения получения ресурсов водорода в процессе – конечно лидирует пиролиз метана.

Не будем в числе вариантов и примеров рассматривать аммиак, крайне интересный энергоноситель и возможный источник целого ряда производных. Но путь аминов заслуживает отдельной большой статьи. Эти энергоносители показывают всё более интенсивное в мировой практике, по этой теме достаточно много написано, мы же исследуем более простые и понятные цепочки для демонстрации методики и самого подхода к проработке конкретных вариантов.

Отдельно стоит обратить внимание на реакции, выделенные серым цветом. Все они требуют энергетических затрат, однако не слишком существенных. При этом все эти превращения служат существенными источниками водорода. Эта группа реакций

процессов ароматизации компонентов попутного нефтяного газа с получением, как правило, смеси БТК (бензол, толуол, ксилол).

Для дальнейших рассуждений пока воспользуемся обычной логикой проектного продвижения. В таблице 2 и далее следует краткое описание процессов получения выбранных путей получения продукции.

Следом представим краткое описание некоторых процессов газохимии, уместных к рассмотрению в рассматриваемых условиях, с наиболее важными для их выбора характеристиками в варианте локальной реализации:

1. ПНГ в БТК (бензол, толуол, ксилол) – это одностадийный каталитический процесс получения смеси ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилолы, фракция C_9, фракция C_{10+} выше, состоящая преимущественно из нафталиновых углеводородов) из легкого углеводородного сырья, представляющего собой в основном углеводороды C_2–C_5 с вовлеченным в процесс ароматизации CH_4 (до 10 %) [2].

В зависимости от состава исходных углеводородных газов и режима проведения каталитического процесса применительно к нуждам потребителей может быть получен концентрат ароматических углеводородов с различным содержанием компонентов. Процесс может быть реализован на малогабаритных блочных установках (МГБУ), расположенных непосредственно в районах газо- и нефтедобычи, на установках подготовки нефти (УПН), установках подготовки газа (УПГ), установках комплексной подготовки газа (УКПГ). Гибкая технология процесса позволяет также использовать его в составе нефтехимических производств, например, в составе установок пиролиза СУГ и ШФЛУ для получения дополнительных количеств ароматических углеводородов из образующейся в процессе Аркон этан-пропановой фракции, являющейся идеальным сырьем пиролиза для получения мономеров.

В состав установки входит реакторный блок, блок сепарации и стабилизации продуктов катализа, мембранный блок получения технического азота для продувок и регенерации катализатора и узел окислительной регенерации катализатора азотно-воздушной смесью в циркуляционном контуре. Реакторный блок включает две параллельно работающие линии (в каждой из них по два последовательно подключенных реактора), одна из которых находится в работе, одна на регенерации.

2. Производство этана. Принципиальную схему установки можно описать следующим образом. Сырье в смеси с водяным паром (объемное соотношение «сырье – водяной пар», 7–9: 1) нагревается в нескольких параллельно работающих печах пиролиза до 800–900 °С, где происходит сильно эндотермическая реакция дегидрирования при давлении ниже атмосферного (0,01–0,02 МПа). После прохождения печи реакционная смесь охлаждается в закалочно-испарительном аппарате до 370–420 °С. Аппарат используется для выработки пара, передающего энергию турбокомпрессору. Пройдя предварительное компримирование, реакционная смесь разделяется в одной или нескольких ректификационных колоннах с получением этан-этиленовой смеси и побочных продуктов.

Получение метанола в промышленности
Источник: dmaeuropa.com

3. Дегидрирование пропана в пропилен. Технология Catofin представляет собой превращение пропана в пропилен дегидрированием в одну ступень в группе горизонтальных адиабатических реакторов, работающих параллельно, на стационарном слое $Cr_2O_3/\gamma\text{-}Al_2O_3$ катализатора. Реакторы работают в режимах «реакция – регенерация». Длительность рабочего цикла составляет около 20–30 минут. Процесс протекает при 560–610 °С и 0,3–0,5 кПа. Конверсия пропана варьируется в пределах 45–50 %,

В ближайшем будущем необходимость производства водорода повысится в несколько раз, а «зеленая» энергетика не сможет удовлетворить потребность в таких объемах и будет достаточно затратной

селективность по пропилену 82–87 %. Непрерывность процесса обеспечивается благодаря наличию как минимум трех параллельных реакторов. Тепло в зону реакции поступает с сырьем, а также используется тепло, полученное катализатором на стадии регенерации, которая осуществляется в несколько стадий: продувка перегретым водяным паром; выжигание кокса смесью воздуха и метана [4–5]. Длительность цикла дегидрирования ограничена количеством тепла, аккумулируемого катализатором, поскольку реакция сильно эндотермическая. При наличии сырья изобутана позволяет производить изобутилен.

4. Парциальное окисление метана. Процесс протекает при температуре 1500 оС. Сырье и кислород, пройдя предварительный раздельный подогрев, подаются в горелку. Пройдя зоны смешения, они подаются в реакционную зону, где поджигаются. Образовавшаяся на выходе из реакционной зоны смесь быстро охлаждается (водой или маслом). Охлаждение водой является наиболее простым вариантом, однако это менее термически эффективно, чем при охлаждении маслом. Альтернативой может служить охлаждение легкими углеводородами, что приведет к образованию дополнительного количества ацетилена и этилена в температурном диапазоне 1500–800 оС. Такой процесс обычно называется двухступенчатым [6]. Продуктовая смесь состоит из ацетилена и продуктов парциального сгорания сырья. В качестве сырья могут служить легкие углеводороды от метана до нафты.

5. Производство фенолформальдегидной смолы. В традиционном новолачном процессе расплавленный фенол загружается в реактор с мешалкой, после чего подается кислотный катализатор (серная кислота, сульфоновая кислота, щавелевая кислота). Раствор формальдегида добавляется при температуре около 90 °C. Соотношение «формальдегид – фенол» поддер-

Оренбургский гелиевый завод

Источник: controleng.ru

Уравнения реакции	Реализуемость на малых месторождениях	Реализуемость на удаленных месторождениях	Ценовой диапазон исходного сырья	Ценовой диапазон конечной продукции	Условия процесса	Стоимость катализатора	Необходимость внешних сырьевых компонентов
$3H_2 + 2N_2 \leftrightarrow 2NH_3$	Затруднена	Сопряжена с трудностями	Баллон водорода (40 л) – 2–3 т. р.	Аммиак водный 23–30 т. р./т; Аммиак 99,9 %, Баллон 40 л – 5 т. р.	150 атм, 436 °C	Низкая	
$CH_4 \rightarrow C + 2H_2$	Облегчена	Сопряжена с трудностями	5–10 т. р. за 1000 м^3	Технический углерод: от 55 до 220 т. р. за тонну; Баллон водорода 40 л – 2848 р.	>1000 °C, атм. давление	Требуется электричество	
$2CH4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$	Затруднена	Затруднена	5–10 т. р. за 1000 м^3	Баллон 40 л – 5–9 т. р.; Заправка – 2–3 т. р.	1500 °C, атм. давление	Низкая	
$C2H6 \rightarrow C2H_4 + H_2$	Затруднена	Затруднена	-	35,5–46,5 т. р./т	800–900 °C, 2–3 атм	Средняя	
$C3H8 \rightarrow C_3H_6 + H_2$	Затруднена	Затруднена	-	до 33,5–36,3 т. р./т	600–900 °C, 1–3 атм	Средняя	
$3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$	Затруднена	Затруднена	Баллон 40 л – 5–9 т. р.; Заправка – 2–3 т. р.	Бензол – 37871 р./т	60–70 °C, 15 атм	Средняя	
$6CH_4 \rightarrow C_6H_6 + 9H_2$; $3C_2H_6 \rightarrow C_6H_6 + 5H_2$; $2C_3H_8 \rightarrow C_6H_6 + 5H_2$; $2n\text{-}C4H_{10} \rightarrow p\text{-}C_8H_{10} + 5H_2$; $C_3H_8 + n\text{-}C4H_{10} \rightarrow C_7H_8 + 5H_2$; $CH_4 + C_3H_8 + n\text{-}C_4H_{10} \rightarrow p\text{-}C_8H_{10} + 6H_2$; $CH_4 + 2C_3H_8 \rightarrow C_7H_8 + 6H_2$; $CH_4 + C_2H_6 + C_3H_8 \rightarrow C_6H_6 + 6H_2$; $CH_4 + n\text{-}C_5H_{12} \rightarrow C_6H_6 + 5H_2$; $CH_3\text{–}CH_2\text{–}CH_3 \rightarrow CH_2{=}CH_2 + CH_4$; $CH_3\text{–}CH_2\text{–}CH_2\text{–}CH_3 \rightarrow CH_2{=}CH\text{–}CH_3 + CH_4$	Облегчена	Облегчена	-	Бензол – 35–40 т. р./т; Толуол – 40–43 т. р./т; п-ксилол – 78–83 т. р./т	500–580 °C, 0,3–1 МПа	Низкая	
$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$	Облегчена	Облегчена	5–10 т. р. за 1000 м^3	-	850 °C, 25–35 атм	Средняя	
$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$			-	-			
$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$	Облегчена	Облегчена	-	18–22 т. р./т	250 °C, 50 атм	Низкая	
$C_6H_6 + N_2O \rightarrow C_6H_5OH + N_2$	Облегчена	Облегчена	Бензол – 37871 р./т; N_2O – 12–13 т. р. (40 л)	80–180 т. р./т	400–450 °C; атм. давление	Низкая	N_2O
$2C_6H_5OH + C_3H_6O \rightarrow C_{15}H_{16}O_2 + H_2O$	Сопряжена с трудностями	Сопряжена с трудностями	80–180 т. р. за тонну	150–250 т. р./т	50–100 °C	Низкая	HCl, ацетон
$C_{16}H_{16}O_2 + (ClC_6H_4)2SO_2 \rightarrow PSU$	Сопряжена с трудностями	Сопряжена с трудностями	Бисфенол А – 150–250 т. р./т; Дихлордифенилсульфон – 1300–2700 р./кг (порошок)	900–3600 р./кг	130–160 °C	Низкая	Бензол, диметилсульфоксид, $NaOH/K_2CO_3$

Таблица 2. Анализ факторов ценности реализации процессов газохимии в новых специфических условиях

Уравнения реакции	Реализуемость на малых месторождениях	Реализуемость на удаленных месторождениях	Ценовой диапазон исходного сырья	Ценовой диапазон конечной продукции	Условия процесса	Стоимость катализатора	Необходимость внешних сырьевых компонентов
$CH_3OH + 1/2O_2 \rightarrow HCOH + H_2O$	Облегчена	Облегчена	25–30 т. р./т	37 %-й раствор 6200–10800 р./т	250–400 °C, атм. давление	Низкая	Водяной пар
$C_6H_5OH + HCOH \rightarrow$ Смола	Сопряжена с трудностями	Сопряжена с трудностями	80–180 т. р./т	100–235 т. р./т в зависимости от формы	120–180 °C, 7 атм	Низкая	$H_2SO_4/HCl/H_3PO_4$ /щелочь
$2C_6H_5Cl + SO_3 \rightarrow (ClC_6H_4)2SO_2 + H_2O$	Сопряжена с трудностями	Сопряжена с трудностями	350–500 р./л	1300–2700 р./кг (порошок)	20–60 °C	Низкая	SO_3/H_2SO_4 + диметилсульфат, нитрометан
$C_6H_5OH + 3H_2 \rightarrow C_6H_{11}OH$	Сопряжена с трудностями	Сопряжена с трудностями	80–180 тыс. руб./т	483–1100 р./л	40 °C, 5 атм	Высокая	
$C_6H_{11}OH + 2HNO_3 \rightarrow COOH(CH_2)4COOH + 2H_2O + N_2O$	Сопряжена с трудностями	Сопряжена с трудностями	Циклогексанол – 483–1100 р./л;	120–180 т. р./т	70–90 °C, 1–3 атм	Низкая	HNO_3

Таблица 2. (Продолжение)

живается на уровне 0,75–0,85: 1. Реакция протекает с выделением тепла, которое снимается посредством воды, смешанной с формальдегидом. Данный раствор при попадании в реактор испаряется и, конденсируясь в холодильнике, подается обратно в реактор. Помимо воды, может использоваться толуол или ксилол. Реакция завершается через 6–8 часов при температуре 95 °C. Далее происходит вакуумная очистка от воды, свободного фенола и других летучих веществ при 140–160 °C. Щавелевая кислота не требует нейтрализации, распадаясь на CO, CO_2 и воду. Серная и сульфоновая кислоты требуют нейтрализации известью [7].

6. Производство полисульфонов. Коммерческий синтез полисульфонов осуществляется путем поликонденсации с нуклеофильным замещением, который включает реакцию бисфенола А с 4,4-дихлордифениломфульфоном в биполярном апротонном растворителе в присутствии щелочного основания. Таким растворителем могут служить: N-метил-2-пирролидинон, диметилацетамид, сульфолан и диметилсульфоксид. В качестве щелочного основания может служить: гидроксиды натрия и калия, карбонат калия. Реагируя в смеси с щелочью, бисфенол образует бищелочную соль, которая в свою очередь взаимодействует с 4,4-дихлордифенилсульфоном с образованием полисульфона (PSF/PSU). Типичный температурный диапазон полимеризации полисульфона – 130–160 °C [8]. См. рис.1.

7. Тримеризация ацетилена. Это один из способов производства бензола. Процесс протекает на никелевом катализаторе в температурном диапазоне 65–75 °C при давлении 15 атм. При этом выход бензола составляет 88 %, а выход побочного продукта, стирола – 12 % [9,10]. Процесс не находит широкого применения в промышленном производстве, так как альтернативные технологии в увязке с существующими процессами глубокой нефтепереработки оказываются более эффективными.

8. Пиролиз метана. Процесс может проводиться в различных технологических условиях в зависимости от целей и требуемых форм получения углерода. Он может быть осуществлён в обычном реакторе для процесса пиролиза, а также в нескольких вариантах плазменных реакторов. В общем случае процесс осуществляется при температурах 800–1200 °C при давлениях 0,5–10 бар. Процесс позволяет получать углеродные нанотрубки различных форм и длины, а также другие виды углеродных материалов. Не смотря на необходимость сжигания части топлива для генерации электричества, плазменный пиролиз метана позволяет снизить выбросы CO_2 в атмосферу в более, чем 2 раза, по сравнению с альтернативными методами производства аналогичных продуктов [11].

Оценка позволила исключить из анализа ряд технологических процессов и остановиться только на минимальных по рискам и затратам, что позволяет держать проект в плановых экономических параметрах

Процессам пиролиза метана и ПНГ давно уделяют значительное внимание. Однако, в последние годы для получаемых углеродных продуктов находится всё больше вариантов конечного применения. К примеру, уже существуют технологии получения из них волокна. Интересен и тот факт, что ещё недавно значительное количество водорода, образующееся в этих процессах, относили к побочным продуктам.

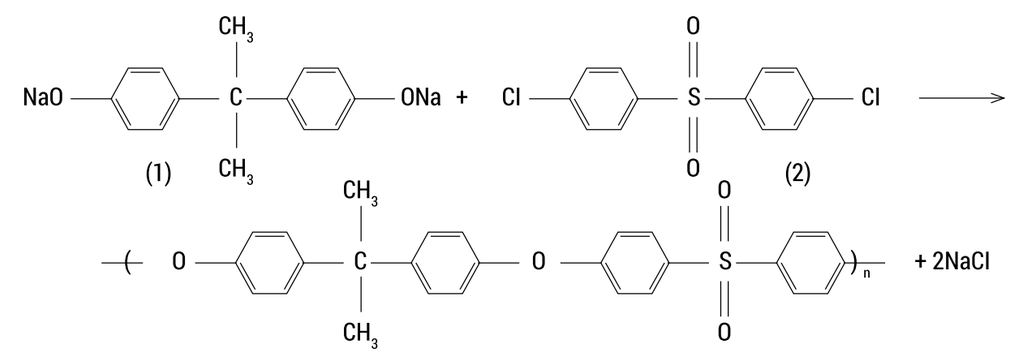
Про водород – ну как без него?

Все большее внимание на повестке обсуждений как на межгосударственном, так и внутрикорпоративном уровнях уделяется вопросам декарбонизации и разработке инновационных подходов по получению и использованию водородной энергетики, как одному из наиболее перспективных путей снижения углеродного следа, обладающий высоким потенциалом в качестве энергоносителя.

Международные стратегии разрабатывают различные финансовые рычаги и стимулы для продвижения декарбонизации энергетики. Так, в 2018 году насчитывалось около 50 мер, поддерживающих энергетическое использование водорода преимущественно в логистике, а к 2020 году акценты переместились и на промышленность и энергетику. Ряд стран уже организовали партнерства по развитию технологий водородной энергетики, в частности Австралия совместно с Японией организовала пилотный проект по созданию цепочки поставок водорода, а с Кореей сотрудничает в области экспорта и импорта водорода.

Однако, технические возможности нынешней стадии развития водородной энергетики связаны с низкой конкурентоспособностью предлагаемых разработок, высокими издержками производства, сложностями хранения и логистики водорода до потребителя. Основной спрос будет за коммерчески дешевыми и достаточно простыми для изготовления и внедрения технологиями.

Рис. 1



В настоящее время наиболее эффективно производить водород возможно либо из природного газа или угля («серый» водород) с использованием технологий улавливания и хранения углерода (CCS) («голубой» водород), либо путем электролиза, используя электроэнергию с низким углеродным следом («зеленый» водород).

Основное преимущество водорода понятно: при его сжигании не образуется CO_2, однако количество выбросов NO_x превосходят аналогичные выбросы сжигания природного газа. Также водород имеет высокий потенциал использования в качестве средства хранения энергии, что особенно актуально для растущей доли ВЭИ.

Завод «Акрон», Великий Новгород
Источник: ud.acron.ru

По оценкам экспертов, в ближайшем будущем необходимость производства водорода повысится в несколько раз, а «зеленая» энергетика не только не сможет удовлетворить потребность в таких объемах, но остаётся достаточно затратной. Так, по оценкам IRENA на 2019 г. стоимость 1 кг водорода на базе ветровой энергии составляет в среднем около 4 долл., солнечной – почти 7 долл., из угля или газа обходится в 1,5–2,5 долл. (даже с учетом CCS) и такой разрыв не исчезнет в ближайшие 10–15 лет.

В сложившихся условиях межгосударственной поддержки актуальным становится продвижение водородных технологий, особенно получение «серого» и «голубого» водорода из ископаемого сырья. Одними из наиболее отработанных и экономически эффективных методов получения такого перспективного энергоресурса являются газохимические методы утилизации природного газа и ПНГ, плюсом которых являются не только снижение доли сжигаемых ценных углеводородных ресурсов, но и получение высоколиквидной продукции, которую можно использовать непосредственно на промысле.

Согласно предварительным оценкам ГК «Росатом», схема производства водорода методом паровой конверсии метана с использованием высокопотенциального тепла перспективной РУ ВТГР-200 позволяет производить водород со средневзвешенной стоимостью, оцененной на момент начала проекта при величине ставки дисконтирования 7 %, в диапазоне 1,85–2,35 долл./кг без учета его хранения и доставки, в зависимости от цены потребляемого природного газа от 4260 руб./тыс. кубометров до 9000 руб./тыс. кубометров.

Каков же актуальный статус и перспективы развития водородной энергетики в России? А не очевидно ли, что с учётом климатической и географической специфики нашей необъятной, умноженной на инфраструктурные особенности расстояний между добычей и инфраструктурой, водород следует и добывать, и непосредственно использовать именно ближе к первоначальным его источникам?

Напрашивается несколько выводов:

- для снижения углеродного следа продукции водородную энергетику следует применять в местах добычи, особенно там, где есть неликвидные ресурсы углеводородов;
- низколиквидные ресурсы углеводородов, преимущественно газ, а его доля в балансе добычи стремительно увеличивается – главный источник для водородной энергетики РФ;
- наиболее предпочтительно применение газохимических технологий, в которых водород выделяется в качестве побочного продукта.

И не надо запасать энергию химическими методами с ее неизбежными потерями при трансформациях. Просто использовать в производстве продуктов здесь же, на месте. Каких? Наименее энергоемких и наиболее ценных. Но, с учётом удалённости, достаточно простых в осуществлении.

При этом переделы с изначально высокими удельными затратами, связанными со сравнительно малыми объемами, могут оказаться вполне эффективными в силу действия других, указанных выше факторов.

Критерии выбора: всё по-новому?

Значительное многообразие процессов, инвариантность выбора продуктов и переделов формирует серьезную задачу построения оптимальной производственной цепочки. В рамках результатов, представленных в этой статье при обосновании выбора технологической цепочки была применена методика оценки, разработанная НТЦ «Газконсалтинг». Логика оценки процессов и переделов строится в следующей последовательности действий:

1. Формирование набора факторов, позволяющих провести сравнительную оценку рассматриваемых процессов.
2. Установление лимитирующих значений и допущений в отношении частных случаев этих факторов.
3. Непосредственно оценка значений.

В основе оценки установлена необходимость обеспечить такую организацию технологического процесса, при которой обеспечивается максимально эффективное использование ее элементов (отдельных процессов). Количественная и качественная оценка такой готовности базируется на разработанной математической модели, формально описывающей основные процессы и функции последовательности технологических процессов и базирующейся на применении логико-вероятностных методов формализованного представления состояния производственной цепочки булевой функцией от состояния и ее отдельных элементов в рассматриваемый момент времени.

Щекиноазот метанол
Источник: n-azot.ru

Разработка такой модели была обусловлена необходимостью решения задач выбора оптимальной последовательности выполнения технологических процессов, при которой вся цепочка сохраняет готовность к выполнению заданных функциональных задач. При этом она носит динамический характер и обладает более общими свойствами, обеспечивая оптимизационные задачи оценки функциональной готовности, как отдельных элементов (процессов), так

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(160) / 2021

Уравнения реакции	Критерий локализации (a_1)	Критерий приведенных затрат по исходному сырью (a_2)	Рыночный критерий (a_3)	Критерий влияния CAPEX (a_4)	Критерий процесса (a_5)	Критерий ограничений процесса (a_6)	Критерий внешних факторов (a_7)
$3H_2 + 2N_2 \leftrightarrow 2NH_3$	0	1	1	1			
$CH_4 \rightarrow C + 2H_2$	0	1					
$2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$	0	1	1	1	0		
$C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$	0			0	1	1	
$C_3H_8 \rightarrow C_3H_6 + H_2$	0			0	1	1	
$3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$	0	1		1		1	
$6CH_4 \rightarrow C_6H_6 + 9H_2$; $3C_2H_6 \rightarrow C_6H_6 + 5H_2$; $2C_3H_8 \rightarrow C_6H_6 + 5H_2$; $2n\text{-}C_4H_{10} \rightarrow p\text{-}C_8H_{10} + 5H_2$; $C_3H_8 + n\text{-}C_4H_{10} \rightarrow C_7H_8 + 5H_2$; $CH_4 + C_3H_8 + n\text{-}C_4H_{10} \rightarrow p\text{-}C_8H_{10} + 6H_2$; $CH_4 + 2C_3H_8 \rightarrow C_7H_8 + 6H_2$; $CH_4 + C_2H_6 + C_3H_8 \rightarrow C_6H_6 + 6H_2$; $CH_4 + n\text{-}C_5H_{12} \rightarrow C_6H_6 + 5H_2$; $CH_3-CH_2-CH_3 \rightarrow CH_2=CH_2 + CH_4$; $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \rightarrow CH_2=CH-CH_3 + CH_4$							
$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$		1	1	1	1	1	
$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$			1	1	1	1	
$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$							
$C_6H_6 + N_2O \rightarrow C_6H_5OH + N_2$		1		1			1
$2C_6H_5OH + C_3H_6O \rightarrow C_{15}H_{16}O_2 + H_2O$	1	0		1		1	0
$C_{15}H_{16}O_2 + (ClC_6H_4)2SO_2 \rightarrow PSU$	1	0	1				0
$CH_3OH + 1/2O_2 \rightarrow HCOH + H_2O$		0	1				
$C_6H_5OH + HCOH \rightarrow$ Смола	1	0	1			1	0
$2C_6H_5Cl + SO_3 \rightarrow (ClC_6H_4)2SO_2 + H_2O$	1	1	1	1		1	0
$C_6H_5OH + 3H_2 \rightarrow C_6H_{11}OH$	1	1				0	
$C_6H_{11}OH + 2HNO_3 \rightarrow COOH(CH_2)4COOH + 2H_2O + N_2O$	1			1		1	1

Значение критерия ниже установленного лимита

Значение критерия отражает условно-лимитирующий фактор

Полное соответствие полученного критерия заданным границам проекта

Таблица 3. Матричный анализ готовности отдельных технологических процессов к реализации в рамках заданного целевого проекта

Источник: данные в таблице сформированы автоматически на основе автоматизированной модели расчета готовности технологических процессов к реализации в заданных условиях, разработанной в компании «НТЦ «Газконсалтинг»

Анализ показывает, что получаемая линейка продукции – мономеры, полимеры, продукты органического синтеза – могут приводить к выбору процессов, не нашедших применения в мировой практике

и производственной цепочки в целом. Процесс моделирования функциональной готовности такой системы Y(t) будет зависеть от значения воздействия $x_1(t),..., x_n(t)$ и моделирующих процессов в блоках $a_1(t),..., a_N(t)$ в тот же момент (t), а также от их значений в некоторые предшествующие моменты, число которых предполагается конечным. Зависимость выходного моделирующего процесса от воздействий и конкурентных процессов в ее блоках будет:

$$Y(t)=f[x_1(t), x_1(t_{11}),..., x_1](t_1 m_1),..., x_n(t), x_n(t),..., x_n():$$

$$a_i(1), a_i(t_{n+1},1),..., a_i(t_{n+1}, m_{n+1}),..., a_N(t_{n+N}, m_{n+m}),$$

где f – моделирующий оператор систем в виде булевой функции, t – текущий момент времени, а $t_{ij}(t_{ij}<t)$ – предшествующие моменты, в которых значения воздействий и состояний блоков влияют на функциональное состояние выхода всей производственной цепочки в текущий момент «t».

Приведем полученную сравнительную оценку факторов (таблица 3), которая дает представление о разумности дальнейшего использования того или иного процесса при конструировании производственной цепочки, а также итоговую сравнительную таблицу полученных значений Y(t) в отношении выстраиваемых производственных цепочек (таблица 4).

Предварительная оценка позволила исключить из дальнейшего анализа целый ряд технологических процессов и остановиться в своих расчетах только на тех, реализация которых достигается с учетом минимизации рисков и затрат, а также позволяет держать проект в плановых экономических параметрах или выше.

На основе автоматизированной расчетной модели были получены показатели функциональной готовности такой производственной цепочки Y(t), и определены приоритетные для проведения предпроектной оценки (таблица 4), среди которых оказались цепочки со значением более 0,75.

Ландшафт возможностей

Очевидно, что для серьёзных оценок необходимы значительно более глубокие проработки и расчёты. Однако, при таком значительном числе вариантов и подва-

Водохранилище

Источник: redtc / Depositphotos.com

риантов, каждый из которых может или «вытащить» проект в зону окупаемости, или, наоборот его утопить, такие расчёты вряд ли возможно проводить с соблюдением обычных критериев стоимостного инжиниринга и других применяемых практик.

Наше небольшое исследование направлено на демонстрацию нового подхода и новых технологических возможностей, открывающихся при использовании методики, учитывающей не только проторенные в мировой практике пути и переделы продукции, но и альтернативы в современных реалиях российской добывающей отрасли:

- влияние факторов баланса (величина газовой части в запасах и конкретный компонентный состав), факторов расположения и логистики диктует использование иных зависимостей для определения эффективности, чем определение удельных затрат в соотношении с ценами продуктов;
- возможность применения продуктов в непосредственной близости от их происхождения, величины образования побочных продуктов, сложность реализации в конкретных условиях, другие специфические параметры каждого технологического пути часто оказывают большее влияние на эффективность, чем величины капитальных и операционных затрат;
- возможность, величина и доля использования водородной энергетики непосредственно в производстве продукции в условиях новой парадигмы может сыграть решающую роль в вопросе целесообразности того или иного производства.

В зависимости от состава исходных углеводородных газов и режима каталитического процесса может быть получен концентрат ароматических углеводородов с разным содержанием компонентов

Предложенные варианты рассчитаны по имеющемуся в нашем распоряжении набору данных одного из значительных проектов разработки месторождения в северном регионе РФ. Анализ показывает, что получаемая линейка продукции – мономеры, полимеры, продукты органического синтеза – вполне могут приводить к выбору процессов, не нашедших широкого применения в мировой практике. В дополнение следует учитывать, что стремительно развивающаяся индустрия использования полимерных и композиционных материалов во всех отраслях промышленности открывает отдельные возможности по их эффективному применению непосредственно в регионе происхождения, что безусловно выступает индивидуальным фактором эффективности для каждого конкретного объекта. Применение современных способов локального производства, таких как 3D-печать, методы экструзии и литья из различных полимеров, применение водорода в качестве энергоносителя для обеспечения производства несомненно включают совершенно иные перспективы развития газохимии непосредственно в регионах добычи.

В силу специфических реальных условий современной добычи углеводородов в РФ, необходимы иные подходы и инструменты для технологического проектирования объектов на месторождениях. В особенности это относится к новым значительным запасам углеводородов, расположенным в Восточной Сибири и Арктической зоне России.

Таблица 4. Сравнительная таблица полученных значений Y(t) в отношении приоритетно выстраиваемых производственных цепочек

Производственные цепочки	Y(t)
ПНГ → водород и углерод	0,79
ПНГ → олефины → полимеры	0,48
ПНГ → УВ фракции → СОГ + СУГ + ПБФ + СБГ	0,32
ПНГ → метанол (одностадийно)	0,6
ПНГ → синтез-газ → метанол	0,43
ПНГ → БТК → сепарация продуктов. Далее:	
• Бензол → циклогексан → циклогексанол/циклогексанон → адипиновая кислота; • Фенол → циклогексанол → адипиновая кислота;	0,82
• Бензол → фенол → бисфенол А;	0,78
• Бензол → хлорбензол → дихлордифенилсульфон + бисфенол А → полисульфон (PSU, PSF);	0,88
• Метан → метанол → формальдегид → фенолформальдегидная смола	0,66

Зимний поезд на южном побережье Сахалина

Источник: VladimirE / depositphotos.com

Использованные источники

1. *Пармон В. Н., Хасанов М. М., Власов А. И., Аристович Ю. В., Брешев А. И., Мостов И. С., Федоренко В. Д., Яковенко Р. Е. Умный углерод следов не оставляет // Научный журнал Российского газового общества. № 1(29), 2021. С. 48–57.*
2. *Аджиев А. Ю., Пуртов П. А. Подготовка и переработка попутного нефтяного газа в России: 1 ч. // Краснодар: ЭДВИ, 2014. 776 с.*
3. *Ахметов С. А., Сериков Т. П., Кузеев И. Р., Баязитов М. И. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа // СПб.: Недра, 2006. 868 с.*
4. *Zimmermann H. Propene // Ullmann's Encyclopedia of industrial chemistry – Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2013. 18 p.*
5. *Zeeshan N. Light alkane dehydrogenation to light olefin technologies: A comprehensive review // Reviews in chemical engineering – 2015, № 31(5). P. 413–436.*
6. *Pässler P., Hefner W., Buckl K., Meinass H., Meiswinkel A., Wernicke H.-J., Ebersberg G., Müller R., Bässler J., Behringer H., Mayer D. Acetylene // Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry. – Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008. DOI: 10.1002/14356007.a01 097.pub3.*
7. *Kopf P. W. (2002). Phenolic Resins. In Encyclopedia of Polymer Science and Technology, (Ed.). DOI: https://doi.org/10.1002/0471440264.pst236*
8. *El-Hibri M. J., & Weinberg S. A. (2001). Polysulfones. Encyclopedia of Polymer Science and Technology. DOI: 10.1002/0471440264.pst291*
9. *W. Reppe et al., Justus Liebigs Ann. Chem. 560 (1948) 1.*
10. *G. Schroder: Cyclooctatetraen, Verlag Chemie, Weinheim, Germany, 1965.*
11. *Chem. Eng. Technol. 2016, 39, No. 6, P. 1185–1193.*

УДК 665.6:665.7:544.4 DOI 10.46920/2409-5516_2021_6160_68

Инновации в области цеолитного катализа

Innovations in the field of zeolite catalysis

Ирина ИВАНОВА
Профессор, д. х. н., главный научный сотрудник, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, химический факультет
e-mail: iiivanova@phys.chem.msu.ru

Irina IVANOVA
Professor, D.Sc. Sci., Chief Scientific employee, Moscow State Lomonosov University, Faculty of Chemistry
e-mail: iiivanova@phys.chem.msu.ru

Ольга ПОНОМАРЕВА
Ведущий научный сотрудник, к. х. н., Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, химический факультет
e-mail: oaponomareva@phys.chem.msu.ru

Olga PONOMAREVA
Leading researcher, Ph.D. n., Moscow State University named after M.V. Lomonosov, chemical faculty
e-mail: oaponomareva@phys.chem.msu.ru

Егор АНДРИАКО
Младший научный сотрудник, Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН
e-mail: e.andriako@mail.ru

Egor ANDRIACO
Junior Researcher, Institute of Petrochemical Synthesis them. A. V. Topchiev RAS
e-mail: e.andriako@mail.ru

Николай НЕСТЕРЕНКО
Руководитель программы НИОКР по конверсии природного газа в компании «Тоталь» и лаборатории «Наноклеанэнержи» в национальной инженерной школе г. Кана (Франция), к. х. н.
e-mail: nikolai.nesterenko@total.com

Nikolay NESTERENKO
R&D Program Manager for the conversion of natural gas in the company Total and Nanocleanenergy Laboratories at the National School of Engineering city of Cana (France), Ph. n.
e-mail: nikolai.nesterenko@total.com

Аннотация. В статье рассмотрены современные технологии нефтегазохимии на основе цеолитных катализаторов, а также отечественные разработки в области получения цеолитов и создания на их основе катализаторов для важнейших процессов нефтегазохимии. Обсуждены основные приоритетные направления развития отрасли, включающие интеграцию нефтепереработки и нефтехимии, цифровую трансформацию, декарбонизацию, экономику «замкнутого цикла», переход к новым сырьевым источникам и водородную энергетику. Проанализирован вклад цеолитных технологий в развитие этих направлений.
Ключевые слова: инновации, нефтегазохимия, технологии, катализ, цеолиты, метан, углекислый газ, биомасса.

Abstract. The paper is devoted to the analysis of modern technologies of petroleum chemistry based on zeolite catalysts as well as to the achievements in the field of zeolite catalysts development in Russian Federation. The priority directions of petrochemical industry are discussed including integration of refinery and petrochemistry, decarbonization, cyclic economy, alternative energy sources and hydrogen economy. The role of zeolite technologies in these directions is analyzed.
Keywords: innovations, petrochemicals, technologies, catalysis, zeolites, methane, carbon dioxide, biomass.

Мировое производство синтетических цеолитов в 2020 г. составило 2,2 млн тонн, из них 18 % используют в качестве компонентов катализаторов

Цеолитные материалы играют важнейшую роль в нефтепереработке и нефтегазохимии. На фоне новых экологических стандартов, необходимости интеграции процессов нефтепереработки и нефтехимии, возрастающей роли экономики «замкнутого цикла» и водородной энергетики, их вклад будет только увеличиваться. Сегодня эти материалы имеют первостепенное значение для большинства ключевых каталитических процессов нефтегазохимии. Они используются в осушке, очистке, поглощении CO_2 из газов горения и позволяют снизить энергозатраты на разделение и очистку и избежать выбросов в атмосферу. Декарбонизация промышленности, необходимость в переработке отходов и пластиков, а также электрификация отрасли, поставят новые задачи перед нефтегазохимией, в которых цеолиты окажутся в центре внимания. Развитие катализаторов и производство адсорбентов на основе цеолитов будет являться приоритетным направлением для жизнеспособности отрасли в последующие 30 лет и сыграет ключевую роль в достижении нулевого уровня выбросов к 2050 году.

Технологии нефтепереработки и нефтегазохимии на основе цеолитных катализаторов

Революционный прорыв в нефтехимии и нефтепереработке, который произошел в середине XX века и привел к существенному повышению эффективности, был связан с внедрением цеолитных катализаторов и созданием современных инновационных технологий на их основе. В настоящее время цеолиты как компоненты катализаторов применяются более чем в половине современных процессов нефтегазохимии.

Цеолиты представляют собой микропористые кристаллические алюмосиликаты с варьируемым составом и размером пор, сравнимым с размерами нефтехимичесих продуктов (0,3–1,2 нм). Мировое производство синтетических цеолитов в 2020 году составило 2200 тыс. тонн, из них 18 % используют в качестве компонентов катализаторов [1]. Основными преимуществами цеолитсодержащих катализаторов являются экологичность, химическая инертность, высокая химическая и термическая стабильность,

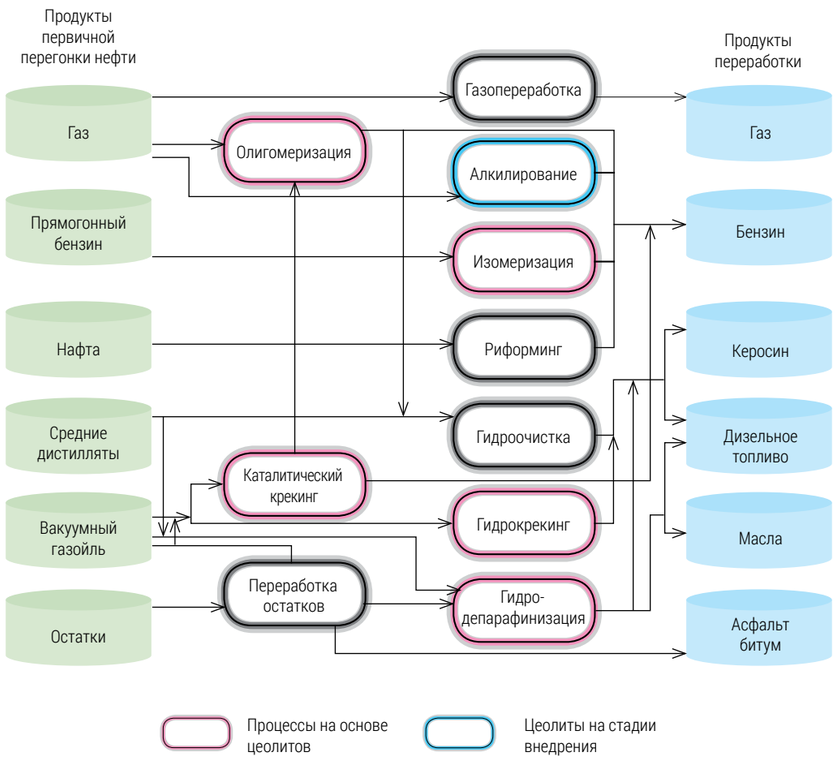


Рис. 1. Роль цеолитных катализаторов в ключевых процессах нефтепереработки

широкая вариабельность структур, форм-селективность, возможность изменения свойств путем модифицирования, длительность работы, технологичность использования, а также регенерируемость, т. е. восстановление активности путем отжига кокса.

В нефтеперерабатывающей промышленности цеолиты используют в процессах каталитического крекинга (процесс FCC, цеолиты FAU и MFI) и гидрокрекинга (цеолиты FAU), гидроизомеризации C_5-C_6 парафинов (MOR), гидродеароматизации (FAU, MFI), депарафинизации и изодепарафинизации топлив и масел (MFI, TON, AEL) (рис. 1). На базе цеолитсодержащих катализаторов созданы технологии изомеризации олефинов (FER) и их олигомеризации (MFI, MTT). В последние годы разработаны и внедрены три технологии твердофазного алкилиривания на цеолитах: Alkyclean® (ABB Lummus-Albemarle), Eurofuel® (Lurgi-Süd Chemie), ExSact ® (Excelus).

В нефтехимии и органическом синтезе цеолитные катализаторы применяются в процессах алкилирования бензола олефинами, ведущих к получению кумола и этилбензола, важных прекурсоров для полимерной промышленности, диспропорционирования толуола (MWW, MOR, MFI) и изомеризации C_8 фракции алкилароматических углеводородов (EUO, MOR, MFI), ведущих к получению ксилолов, в процессе окисления пропилена в пропиленоксид (Ti-MFI), а также в ряде других (рис. 2). Замена цеолитсодержащими катализаторами жидких кислот Фриделя – Крафтса или фосфорной кислоты на кизельгуре, на которых проводили, а в большинстве стран, в том числе и в России, до сих пор проводят алкилирование, позволило решить целый ряд экологических, экономических и технологических проблем, связанных с низкой селективностью, коррозией оборудования, загрязнением окружающей среды, большим объемом сточных вод.

В области газохимии актуальной задачей сегодня является разработка цеолитсодержащих катализаторов целевой переработки алканов, которые позволят заменить пиролитические процессы переработки газа каталитическими, а также создание новых технологий монетизации газового сырья и получения на его основе ценных продуктов для промышленности. В настоящее время в газохимии на базе цеолитов MFI и SAPO-34 внедрены процессы получения из природного газа через метанол/диметиловый эфир высокооктанового бензина (Mobil), этилена и пропилена (UOP, Lurgi, DCIP, Sinopec, JGC, ExxonMobil), изомеризации бутена в изобутилен на FER, и др. [2]

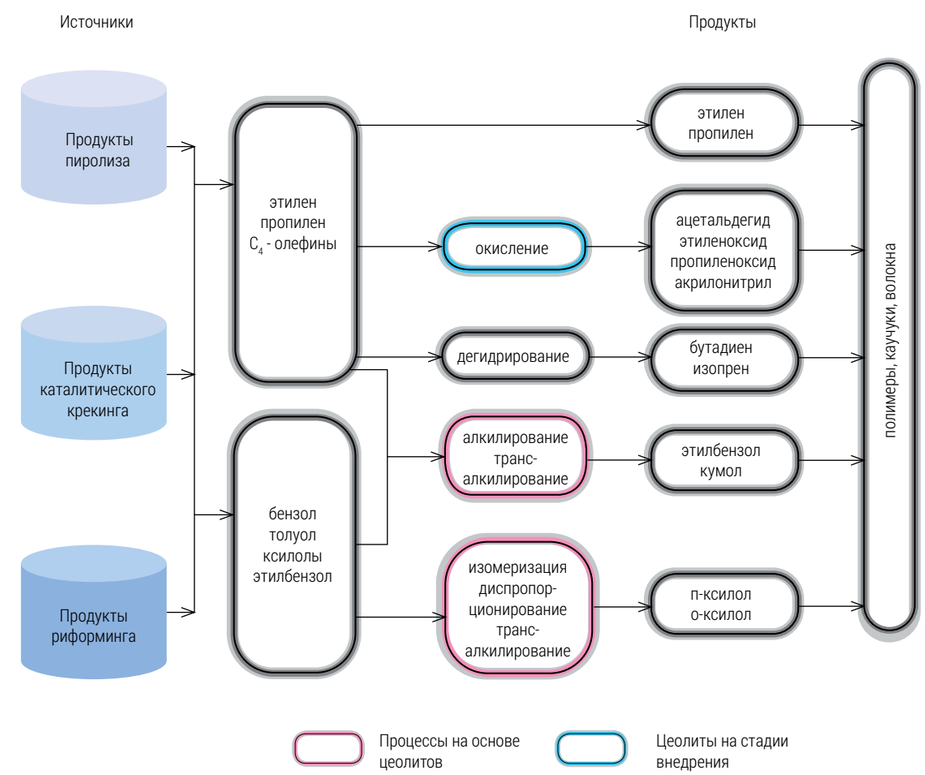
Состояние дел в России

В РФ, в отличие от других стран с высоким уровнем добычи нефти и газа, доля основных вторичных процессов переработки нефти от мощности первичной переработки в среднем составляет около 50 %. При этом общий объем процессов вторичной переработки нефти в России в разы меньше, чем в ведущих странах мира [3]. Решение проблем развития российской нефтегазохимии заложено в Плане развития газо- и нефтехимии на период до 2030 года, утвержденным приказом Минэнерго РФ 01.03.2012 г. Ключевым подходом для выполнения поставленных перед отраслью задач является внедрение новых и усовершенствование существующих технологий, в первую очередь, основанных на применении экологически безопасных твердых цеолитсодержащих катализаторов.

До недавнего времени инновационное развитие отечественной нефтегазохимии строилось на приобретении готовых технологий за рубежом, основанных на импортных катализаторах. В последние годы ситуация несколько изменилась.

В области нефтепереработки были разработаны, внедрены или находятся на стадии внедрения отечественные катализаторы крекинга на основе цеолитов FAU и MFI и гидрокрекинга (FAU), ведущие к получению бензина и дизельного топлива. Основными производителями этих катализаторов в России являются «Ишимбайский специализированный химический завод катализаторов» (10 тыс. т в год при мощности

Рис. 2. Роль цеолитных катализаторов в процессах нефтехимического синтеза



Развитие катализаторов и производство адсорбентов на основе цеолитов будет приоритетным направлением отрасли и сыграет ключевую роль в достижении нулевого уровня выбросов к 2050 году

20 тыс. т в год) и «Газпромнефть – Каталитические системы» (проектная мощность производства 15 тыс. т в год) [4]. В 2017 году на Московском НПЗ «Газпром нефти» внедрен катализатор процесса олигомеризации бутан-бутиленовой фракции, разработанный совместно со специалистами компании УНИСИТ, созданной на базе лаборатории кинетики и катализа химического факультета МГУ. Переход на новый катализатор позволил увеличить пробег и выход целевого продукта, сократить количество регенераций. По подсчетам специалистов Московского НПЗ, годовой эффект от использования нового катализатора олигомеризации превысит 200 млн рублей.

Разработан и готовится к внедрению новый катализатор гидродепарафинизации («Газпром нефть», ВНИИ НП), на основе цеолита MFI, модифицированного гидрирующим компонентом. Ведутся работы по созданию новой технологии твердокислотного алкилирования бутан-бутиленовой фракции на основе цеолитсодержащего катализатора (ИНХС РАН, «Газпром нефть»).

В области нефтехимии ведутся работы по внедрению технологий алкилирования и изомеризации ароматических углеводородов, основанных на цеолитных катализаторах. В 2003 г. в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» внедрен отечественный процесс жидкофазного алкилирования бензола этиленом, разработанный ИНХС РАН, «ГроздНИИ» и «Салаватнефтеоргсинтез» (мощность по этилбензолу 230 тыс. т/год). В настоящее время процесс работает на импортном катализаторе EBEMAX-1 на основе цеолита MWW (Süd Chemie). С 2010 г. на предприятии «СИБУР-Химпром» действует установка алкилирования бензола этиленом по жидкофазной технологии EBMax с использованием в качестве катализатора цеолита MWW (мощность по этилбензолу 220 тыс. т в год). В 2018 году «Уфаоргсинтез» («Роснефть») завершило модернизацию установки по производству кумола по технологии ExxonMobil (170 тыс. тонн в год). Ведутся работы по модернизации производства кумола на «Омском каучуке» ГК «Титан» по технологии ExxonMobil (165 тыс. т в год), а также запланирована модернизация производства кумола на «Казаньоргсинтезе» на заводе «Бисфенол А» по технологии MobilBadger с использованием цеолитного катализатора MWW.

Уровень развития газохимической отрасли в РФ отстает от передовых стран, только

Салаватнефтеоргсинтез *Источник: vbashkortostane.gazprom.ru*

Западно-Сибирский нефтехимический комбинат *Источник: primanews.org*

5 % добываемого газа используется как сырье для вторичной переработки [5]. Процессы, основанные на цеолитсодержащих катализаторах, в России пока не внедрены.

Качество производимого в России цеолита FAU соответствует мировым стандартам, но цеолит MFI по своим свойствам значительно уступает своим импортным аналогам. Цеолит MFI в РФ производится, главным образом, под товарными марками ЦВК, ЦВМ и ЦВН по отечественной технологии, разработанной во ВНИИНП еще в 1970–1980 гг. Если основные мировые производители выпускают цеолиты с размерами кристаллов 200–400 нм, то отечественные предприятия поставляют на рынок цеолит MFI с размером кристаллов 2–5 мкм. Как следствие, катализаторы на основе таких цеолитов характеризуются низкой эффективностью, повышенным коксообразованием и высокой скоростью дезактивации. Вышеперечисленные факторы значительно снижают эффективность отечественных цеолитов MFI в качестве компонентов катализатора крекинга и делают невозможным их применение в процессах олигомеризации и депарафинизации. На настоящий момент потребность российского рынка в высококремнистых цеолитах MFI высокого качества составляет более 500 тонн в год для процессов крекинга, олигомеризации, депарафинизизации, ароматизации и др. Что касается цеолитных катализаторов нефтехимических процессов и процессов органического синтеза на основе высококремнистых среднепористых цеолитов BEA, MWW, MOR, ведущих к получению важных мономеров для полимерной промышленности – кумола, этилбензола, ксилолов, то их производство в России отсутствует.

Необходимость перехода к новым экологически чистым технологиям, обеспечивающим устойчивое развитие и прогресс нефтеперерабатывающей, нефтехимической и газохимической отраслей, требует разработки отечественных технологий производства цеолитов. Учитывая введение санкций в отношении России, эта проблема становится крайне актуальной.

В 2019 году в рамках программы Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, на базе лаборатории кинетики и катализа МГУ была создана компания ООО «Цеолитика», целью которой является разработка новых современных технологий синтеза отечественных наноразмерных цеолитов разных структур-

Развитие газохимии в РФ отстает от передовых стран. Только 5 % добываемого газа используется во вторичной переработке. Цеолитсодержащие катализаторы в России пока не используются

ных типов (MFI, BEA, MEL, MWW и др.) и их производство в промышленных масштабах для замены импортируемых катализаторов на отечественные. Научным коллективом была предложена новая технология парофазной кристаллизации в отсутствие свободной воды, конкурентными преимуществами которой являются высокое качество получаемых наноразмерных цеолитов, а также отсутствие жидких отходов кристаллизации, эффективное использование исходных реагентов и темплата, уменьшение времени кристаллизации, снижение энергозатрат [6].

Цеолиты марки NaX
Источник: himiya-ufa.ru

Переход к новой энергополитике: инновации в области цеолитного катализа

В настоящее время человечество стоит на пороге очередной революции в области нефтепереработки и нефтехимии. Проблемы рационального использования природных ресурсов, а также все возрастающий вред антропогенного воздействия на окружающий мир вынуждают человечество к глобальному пересмотру подхода к своей деятельности. В ближайшие десятилетия будет осуществлен кардинальный пересмотр процессов нефтехимии и нефтепереработки с возрастающим ростом роли цеолитных материалов. Можно выделить пять основных приоритетных направлений:

1. Интеграция нефтепереработки и нефтехимии.
2. Операционная эффективность и цифровая трансформация (Индустрия 4.0).
3. Декарбонизация нефтехимических комплексов и экономика «замкнутого цикла».
4. Переход к новым сырьевым источникам, конверсия биомассы.
5. Водородная энергетика и ренессанс газохимии.

Предполагается, что цеолитные катализаторы будут играть первостепенную роль в этом переходе.

Интеграция нефтехимии и нефтепереработки

Рост спроса на базовые продукты нефтехимии опережает рост спроса на топливо, поэтому многие предприятия, чтобы сохранить рентабельность, стремятся к созданию крупных нефтехимических комплексов, объединяющих нефтеперерабатывающие заводы и нефтехимические комплексы. Согласно Hydrocarbon Processing's Construction Boxscore Database, на сегодняшний день в мире существует около 470 крупных проектов по увеличения мощностей нефтехимических комплексов стоимостью 10 миллиардов долларов. На долю России и стран ближнего зарубежья приходится около 55 проектов (12 %). Все большую популярность приобретают мегапроекты по глубокой интеграции НПЗ и НХК. Эти проекты нацелены на увеличение выхода химикатов на НПЗ с традиционных 10–15 % до 45–53 мас.% [7]. Реализация таких проектов в значительной степени зависит от доступности и готовности новых каталитических технологий. Большинство этих технологий опирается на инновации в области цеолитного катализа в процессах крекинга (FCC, гидрокрекинг), в целевой нефтехимии (селективный крекинг олефинов, каталитический крекинг нафты, дегидрокрекинг нафты, разделение линейных и разветвленных углеводородов, обратная изомеризация) и в ароматическом комплексе (новые технологии по получению ксилолов).

Существует пять основных стратегий интеграции с целью увеличения выхода нефтепродуктов на нефтеперерабатывающих комплексах путем введения технологий «целевой нефтехимии». Первая схема

Омский НПЗ
Источник: ir.gazprom-neft.ru

включает модернизацию FCC комплекса путем его интеграции с селективным крекингом тяжелых олефинов из бензиновой фракции в пропилен. Эта схема предполагает оптимизацию цеолитного катализатора для установки FCC и ведет к гораздо более высокому выходу этилена и пропилена. Вторая стратегия предполагает введение процесса гидрокрекинга дистиллята в легкие алканы и нафту с последующим пиролизом алканов в олефины и конверсией нафты в ароматические углеводороды. Следующая стратегия основана на «молекулярном рефайнинге» на цеолитах, включающем разделение СУГ на пропан и бутан с последующей их конверсией в пропилен и бутены, а также разделение линейных и разветвленных парафинов в нафте с последующей изомеризацией разветвленных углеводородов в линейные и их пиролизом в этилен и пропилен. В результате этой операции только нормальные парафины подвергаются конверсии в установке пиролиза, что увеличивает выход легких олефинов на 10–15 %. Четвертая стратегия связана с введением процесса метатезиса олефинов, что открывает широкие возможности для увеличения выхода этилена и пропилена. И, наконец, пятая стратегия основана на каталитическом (дегидро-) крекинге нафты, который позволяет значительно повысить выход пропилена и этилена по сравнению с процессом пиролиза. Реализация перечисленных стратегий позволит повысить выход нефтепродуктов с 10–15 % до 30–50 %, что соответствует полностью интегрированному комплексу.

Рост спроса на базовые продукты нефтехимии опережает рост спроса на топливо, поэтому многие предприятия для сохранения рентабельности стремятся к созданию крупных нефтехимических комплексов

Следующим этапом эволюции будет прямая конверсия нефти в продукты нефтехимии путем крекинга. Этот вариант ведет к снижению производственных затрат и выбросов CO_2 на тонну продукта. На настоящий момент существует как минимум три стратегии для осуществления этого этапа. Они основаны на процессах FCC, гидрокрекинга и пиролиза. Выбор схемы зависит от вида сырья и типа нефтепродуктов, которые завод должен производить. Во всех трех случаях, инновации в области цеолитного катализа будут играть основополагающую роль.

Операционная эффективность и цифровая трансформация (Индустрия 4.0)

Основой операционной эффективности производства является надежность и детальное знание процесса и катализатора. Цеолитные катализаторы более 60 лет используются в промышленности и зарекомендовали себя как надежные, безопасные и эффективные. Однако разработка новых технологий на основе цеолитов занимает длительное время, в среднем от 10 до 15 лет, что не совместимо с ростом спроса на эти технологии. Увеличение скорости внедрения новых разработок может быть достигнуто путем использования моделирования, информатики материалов и искусственного интеллекта. Необходимым условием внедрения технологий цифровой трансформации в этой области является создание библиотек цеолитных материалов и катализаторов, подготовка специалистов и поддержка научных школ в области цеолитного катализа.

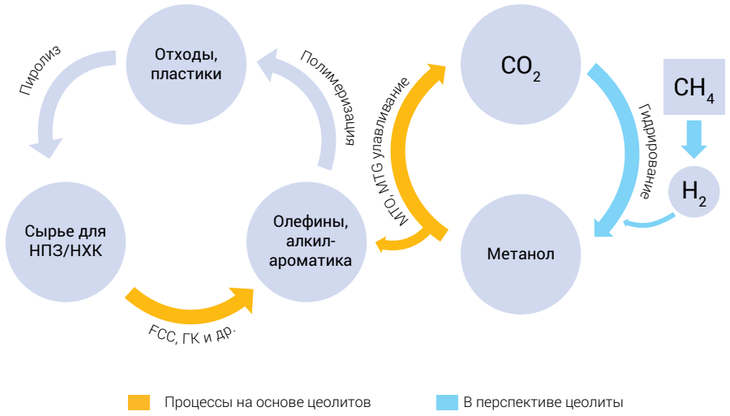


Рис. 3. Процессы «замкнутого цикла» и роль цеолитных катализаторов

Декарбонизация нефтехимических комплексов и экономика «замкнутого цикла»

В соответствии с Парижским соглашением по климату от 2015 года, главным врагом климата объявлены парниковые газы, в основном диоксид углерода, а значит, косвенно, и источники его образования – нефть, газ, уголь. В мировой практике по инициативе ЕС вводится система отчетности по так называемому «углеродному следу», другими словами при производстве любого вида товаров и услуг будет оцениваться эмиссия парниковых газов. Правительства практически всех стран мира вводят углеродный налог – плату за выбросы эквивалента углекислого газа в атмосферу. По оценке российской академии наук, финансовые потери отечественных экспортеров могут достичь 3–4 млрд евро в год.

Таким образом, для российской нефтегазохимии необходимо пересмотреть сложившиеся реалии экспортно-сырьевого развития. Основой развития должен стать выпуск высокотехнологичной, высококачественной продукции более высоких переделов на базе ресурсо- и трудосберегающих экологически чистых технологий.

В первую очередь потребуется внедрение технологий для улавливания углекислого газа, его хранения и переработки. Цеолитные технологии будут играть первостепенную роль в этом отношении [8]. Прежде всего, цеолитные материалы могут быть использованы для улавливания CO_2 из газов горения при низком парциальном давлении компонентов и его очистки для последующей транспортировки. Использование цеолитов в процессах разделения позволит значительно снизить потребление энергии и, соответственно, выбросы антропогенных газов.

Помимо этого, важной задачей станет утилизация CO_2 путем его конверсии в полезные продукты. В этом отношении перспективными являются процессы «замкнутого цикла». В настоящее время рассматриваются 2 таких цикла, которые взаимосвязаны между собой (рис. 3). Наиболее приемлемым решением для утилизации CO_2 будет его конверсия в метанол. Метанол может найти большое количество применений на нефтеперерабатывающем комплексе, но одним из наиболее перспективных решений будет его конверсия в олефины, ароматические углеводороды и в топлива (процессы MTO, MTG). Процесс получения метанола потребует использования больших количеств водорода, который также может быть получен на основе цеолитных технологий (пп 3.5).

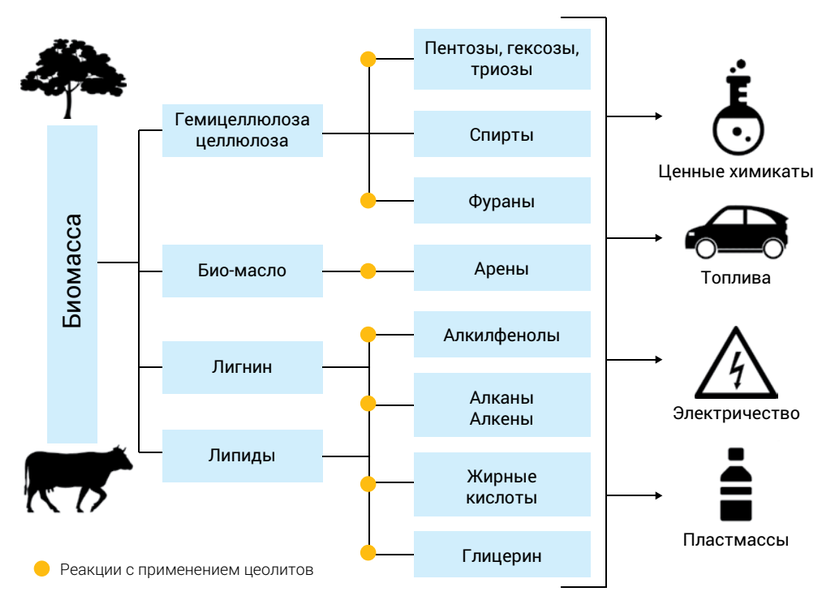
Следующим этапом эволюции будет прямая конверсия нефти в продукты нефтехимии путем крекинга. Этот вариант ведет к снижению производственных затрат и выбросов CO_2 на тонну продукта

Процессы конверсии метанола в олефины и ароматические углеводороды весьма перспективны в связи со значительным ростом спроса на пластики, получаемые из этих мономеров. Получение пластиков из метанола будет решать задачу экономики «замкнутого цикла», которая является одной из наиболее важных задач для нефтехимии сегодня. Отходы от использования пластиков все больше рассматриваются как один из основных источников загрязнений и обеспечение их эффективной переработки является необходимым для существования отрасли. Наиболее оптимальным направлением такой переработки будет термический пиролиз, продукты которого будут перерабатываться на интегрированных нефтехимических комплексах, на установках FCC и гидрокрегинга на цеолитных катализаторах, давая в конечном результате олефины и ароматические углеводороды, необходимые для синтеза пластиков. Цеолиты, таким образом, будут продолжать играть первостепенную роль в процессах «замкнутого цикла».

Отходы от использования пластиков являются одним из основных источников загрязнений, и обеспечение их эффективной переработки является необходимым для существования отрасли

Еще одним аспектом экономики «замкнутого цикла» является электрификация конверсии углеводородов. В настоящее время большинство печей, компрессоров и генераторов водяного пара на НПЗ используют углеводороды в качестве топлива. В результате сжигания этих продуктов образуются CO_2-содержащие газы. Абсорбция аминами не эффективна для этих типов потоков и улавливание углекислого газа из них стоит очень дорого. Поэтому одной из современных тенденций является замена топливных нагревательных элементов на электрические, в которых энергия будет подаваться в объем реактора. Другими словами, не стенки ре-

Рис. 4. Процессы переработки биомассы и роль цеолитных катализаторов



актора будут подвергаться нагреву, а катализатор. Это также значительно упростит регенерацию и снизит инертность систем. Новое поколение катализаторов на основе цеолитов должно быть разработано для этих типов установок.

Переход к новым сырьевым источникам, конверсия биомассы

Растущий спрос на биотопливо обусловлен несколькими ключевыми причинами, первая из которых заключается в том, что биоресурсы являются возобновляемыми и нейтральными по отношению к CO_2 в отличие от ископаемого топлива. Использование биомассы для производства топлива и химикатов может привести к частичному замещению ископаемых ресурсов возобновляемыми источниками. Многие государства в последнее десятилетие выделяют большие ресурсы для создания технологий для переработки биомассы [9].

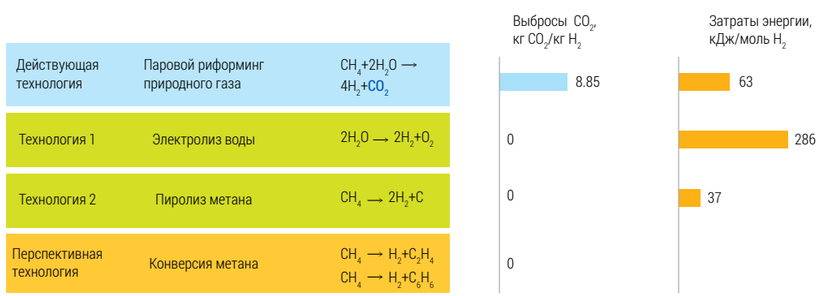
Биомасса, как и нефть, состоит из высокомолекулярных компонентов. Основными источниками биомассы являются лигноцеллюлоза и липиды, которые содержат триглицериды из растительных животных жиров и микроводорослей. Из них наиболее распространенной является лигноцеллюлозная биомасса, состоящая из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Кроме того, существует меньшая группа белковых фракций животного или растительного происхождения. Схема переработки биомассы приведена на рис. 4.

Основная цель валоризации биомассы состоит в уменьшении молекулярной массы.

Кукуруза является одним из источников биомассы
Источник: alfribeiro / depositphotos.com

По аналогии с процессами конверсии нефти здесь могут быть использованы процессы каталитического крекинга на цеолитных катализаторах. Жиры и масла, имеющие длинные линейные углеводородные цепи, структурно наиболее близки к нефтехимическим углеводородам, поэтому в данных процессах цеолиты используются с большим успехом. Однако следует ожидать, что механизмы превращения громоздких субстратов биомассы, содержащих большое количество кислорода, более сложные и требуют создания новых каталитических систем [10]. Рядом компаний разработаны процессы прямого крекинга в установках типа FCC сухой биомассы. Ко-процессинг на установках FCC или гидрокрекинга нефтяного сырья с биосырьем, прошедшим этапы частичного гидрирования или термического пиролиза, является оптимальным решением во многих случаях. Это также позволяет избежать дополнительных инвестиций и значительных изменений в операционных схемах.

Рис. 5. Процессы получения водорода из метана



Другим интересным вариантом является конверсия спиртов. Этанол и бутанол в настоящее время в больших количествах производятся из возобновляемых источников. Помимо их использования в качестве биотоплива, конверсия биоэтанола и биобутанола в ценные химические вещества становится все более привлекательной. Перспективные технологии включают конверсию этанола в этилен, пропилен и бутадиен, а также конверсию бутанола в бутены, легкие олефины и ароматические углеводороды. Для этих процессов разработаны эффективные цеолитные катализаторы.

Водородная энергетика и ренессанс газохимии

Водород является высокоэнергетическим продуктом и может быть использован как для внутренних нужд нефтехимических комплексов, так и для конверсии CO_2. На сегодняшний день основным способом производства водорода является паровая конверсия. Однако этот способ приводит к выделению 9,3 тонн CO_2 на тонну водорода, который требует улавливания и соответствующей инфраструктуры для этого (рис. 5). Альтернативная технология, основанная на электролизе воды, поглощает в 5 раз большее количество энергии на тонну водорода. В связи с этим, прямая декарбонизация природного газа в углерод, олефины или ароматические углеводороды приобретает все большее значение для водородной энергетики. Первый процесс имеет серьезный недостаток, так как приводит к образованию большого количества кокса, который не имеет рынка сбыта. Поэтому, процессы превращения метана в водород и олефины или ароматику гораздо более перспективны. Эти процессы могут эффективно протекать на цеолитах. Многие из этих технологий находятся в стадии разработки и будут играть значительную роль для нефтегазохимии.

Кроме того, все большее значение в будущем будут иметь процессы получения водорода путем ароматизации легких алканов, доля которых увеличится из-за интеграции нефтехимических комплексов. В основе этих процессов также лежат цеолитные катализаторы (процессы CICLAR (UOP), ALPHA(ASAHI), AROMAX(CHEVRON)).

Заключение

Анализ перспектив развития нефтегазохимической отрасли в области цеолитного катализа показывает, что первоочередной задачей здесь является разработка и внедрение отечественной технологии синтеза наноразмерных высококремнистых цеолитов структурных типов MFI, BEA, MWW и MOR, необходимых для обеспечения действующих нефтехимических производств.

Кроме того, актуальной задачей представляется создание новых цеолитных катализаторов и технологий для обеспечения интеграции НПЗ и НХК; создания прямых процессов конверсии нефти в ценные продукты нефтехимии; реализации процессов «замкнутого цикла» – конверсии CO_2, отходов и пластиков в мономеры и топлива; осуществление конверсии биомассы в топлива и ценные химические продукты, а также конверсии метана в водород и олефины или ароматические углеводороды. Реализация этих задач позволит осуществить переход к новой энергетической политике.

Использованные источники

1. *Engineering Materials for Catalysis, The 2020 EFCATS Summer School, Portorož-Portorose, Slovenia – Septembre 16, 2020.*
2. *Vermeirin W., Gilson. J.-P. Impact of Zeolites on the Petroleum and Petrochemical Industry // Top Catal. 2009. V. 52. P. 1131–1161.*
3. *Мельникова С. А., Хазова Т. Н., Черепова Е. Б., Голышева Е. А. Нефте-, газохимия, нефте- и газопереработка Российской Федерации, 2017.*
4. *INFOMINE Research Group. Обзор рынка катализаторов нефтепереработки в России, 2018.*
5. *Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России до 2035 года. Минэнерго, 2016.*
6. *URL: https://sbis.ru/contragents/9729291403/772901001*
7. *IHS consulting. Crude oil to p-xylene Hengli refinery-PX complex-2018. PEP303*
8. *Yu C. H. et al. A review of CO2 capture by absorption and adsorption //Aerosol and Air Quality Research. 2012. T. 12. № . 5. P. 745–769.*
9. *Perego C., Bosetti A. Biomass to fuels: The role of zeolite and mesoporous materials // Microporous Mesoporous Mater. // 2011. V. 144. № . 1–3. P. 28–39.*
10. *Ennaert T., Van Aelst J., Dijkmans J., De Clercq R., Schutyser W., Dusselier M., Verboekend D., Sels B. F. Potential and challenges of zeolite chemistry in the catalytic conversion of biomass // Chem. Soc. Rev. 2016. V. 45. № . 3. P. 584–611.*

УДК 622.276

DOI 10.46920/2409-5516_2021_6160_80

Проект длиною в 40 лет

40 years long road

Сергей КУДРЯШОВ
Генеральный директор АО «Зарубежнефть»
e-mail: pr@nestro.ru

Олег АКИМОВ
Заместитель генерального директора
по добыче АО «Зарубежнефть»
e-mail: pr@nestro.ru

Александр МИХАЙЛОВ
Начальник управления по работе
с российско-вьетнамскими проектами
АО «Зарубежнефть»
e-mail: pr@nestro.ru

Александр БОЛДЫРЕВ
Начальник управления корпоративных
коммуникаций АО «Зарубежнефть»
e-mail: pr@nestro.ru

Sergey KUDRYASHOV
General Director of Zarubezhneft JSC
e-mail: pr@nestro.ru

Oleg AKIMOV
Deputy General Director
for Production of Zarubezhneft
e-mail: pr@nestro.ru

Alexander MIKHAILOV
Head of Department for Russian-Vietnamese
Projects of Zarubezhneft
e-mail: pr@nestro.ru

Alexander BOLDYREV
Head of the Corporate Communications
Department of Zarubezhneft
e-mail: pr@nestro.ru

Работы на шельфе Вьетнама в районе Вунг Тау

Источник: Vietbox / Depositphotos.com

Аннотация. В июне 2021 года совместное предприятие (СП) «Вьетсовпетро» отмечает 40-летний юбилей. Предприятие было создано в 1981 году в рамках соглашения о сотрудничестве между СССР и Социалистической Республикой Вьетнам в области разведки и добычи газа и нефти на юге Вьетнама. В настоящее время участниками СП выступают российская нефтегазовая компания «Зарубежнефть» и вьетнамская корпорация нефти и газа «Петровьетнам».
Ключевые слова: шельф Вьетнама, добыча нефти, открытие месторождений.

Abstract. In June 2021, the joint venture (JV) Vietsovpetro celebrates its 40th anniversary. The enterprise was established in 1981 within the framework of an agreement on cooperation between the USSR and the Socialist Republic of Vietnam in the field of exploration and production of gas and oil in the south of Vietnam. Currently, the joint venture participants are Russian oil and gas company Zarubezhneft and Vietnamese oil and gas corporation Petrovietnam.
Keywords: Vietnam shelf, oil production, field discovery.

3 июля 1980 г. между правительствами Вьетнама и СССР было подписано соглашение о сотрудничестве в области геологоразведки и добычи нефти

У истоков соглашения

Считается, что все началось с приезда Хо Ши Мина в Баку в июле 1959 года. После посещения месторождения «Нефтяные камни», первого морского нефтедобывающего комплекса СССР, Хо Ши Мин в своем обращении к руководителям АзССР провел аналогии с Вьетнамом и высказал надежду на нахождение залежей нефти и в своей стране. Но в те времена начать поиски было невозможно – шла ожесточенная война Севера с Югом.

До Второй мировой войны территория Вьетнама входила в состав французской колониальной империи. Начавшаяся в 1946 году Первая Индокитайская война против колонизаторов закончилась в 1954 году разделом Вьетнама на две части: на севере была создана тяготевшая к Москве Демократическая Республика Вьетнам, а на юге – ориентированное на запад, государство Вьетнам.

Предполагалось, что в 1956 году в обеих частях Вьетнама будут проведены выборы с целью определения будущего политического режима и воссоединения страны, но Юг проигнорировал эту акцию и заявил о создании антикоммунистического государства. В итоге, уже с конца 1950-х годов начинается партизанское движение, которое к декабрю 1960 года объединяется в Национальный фронт освобождения Южного Вьетнама, известный на западе как Вьетконг (в переводе – вьетнамский коммунист).

Спустя год США вмешивается в конфликт, оказывая поддержку Югу вводом регулярных подразделений своих вооруженных сил. Но партизанские отряды Севера продолжают расширять подконтрольные территории, и уже в августе 1964 года американцы вступают в крупномасштабную войну в Юго-Восточной Азии.

Больше 10 лет длилась одна из самых жестоких и опасных войн второй половины XX столетия. При активной поддержке СССР, северо-вьетнамские войска вели ожесточенную борьбу с противником, но силы были несоизмеримы. Страна лежала в руинах, миллионы погибших, тысячи километров выжженных лесов и отравленных химическими веществами земель.

Создание СП «Вьетсовпетро». 19.06.1981 г.

Источник: «Зарубежнефть»

Казалось, что уже ничего не осталось. Национально-освободительная борьба Вьетнама получила поддержку общества – все просили остановить это безумие, и после подписания Парижского мирного соглашения в январе 1973 года американские войска, наконец, покинули Вьетнам.

Уже весной 1975 года северо-вьетнамские войска проводят широкомасштабное наступление на оставшиеся территории Южного Вьетнама и захватывают Сайгон. Конец войне. Долгожданное воссоединение народа, Севера и Юга. Теперь перед новой страной – Социалистической Республикой Вьетнам (СРВ), стояла главная задача – восстановление экономики.

Предполагалось, что в 1956 году в обеих частях Вьетнама будут проведены выборы с целью определения будущего политического режима и воссоединения страны, но Юг проигнорировал эту акцию

Зачем Вьетнам был так нужен американцам? Почему они пошли на такие жертвы и были готовы стереть с земли почти весь народ страны? Есть много политических и экономических предпосылок, и одна из них – нефть.

К тому времени во всем мире наступила нефтяная эра, вся жизнь общества стала вращаться вокруг двигателей внутреннего сгорания и, соответственно, топлива для него. Цены на нефть неуклонно росли, шло активное освоение новых территорий и поиск новых месторождений. Уже в 1966 году американские фирмы начали первые поисково-разведочные работы на территориях Южного Вьетнама. Исследовали все – и сухопутные территории и прилегающий шельф.

В 1974–1975 гг. компания Mobil даже приступила к глубокому бурению для испытания двух пластов миоцена в 115 км от берега и в результате получила первые притоки нефти. Но ровно в этот момент окончательно пал сайгонский режим, и американские нефтяники поспешно покинули страну.

Это открытие стало радостным событием в истории новой страны, ведь Вьетнам не принадлежал к числу нефтедобывающих стран и вынужденно импортировал горюче-смазочные материалы из СССР, Ирака, Ливии, Кувейта и т. д. Долгое время все внимание было обращено только на север страны – считалось, что в Ханойском прогибе были благоприятные условия для формирования нефтяных и газовых месторождений. Но эксперты из СССР после двух лет поисков констатировали отсутствие сколь-либо значительных залежей нефти и газа.

В конце 1975 года вьетнамцы основывают «Южно-вьетнамскую нефтяную компанию». У разрушенной войной страны не было собственных ресурсов для продолжения освоения шельфа. Поскольку Советский Союз долго отвечал отказом в помощи, были приглашены компании из Канады, ФРГ и Италии, которые с 1979 года пробурили 12 скважин, показавших признаки нефтеносности, но лишь и только.

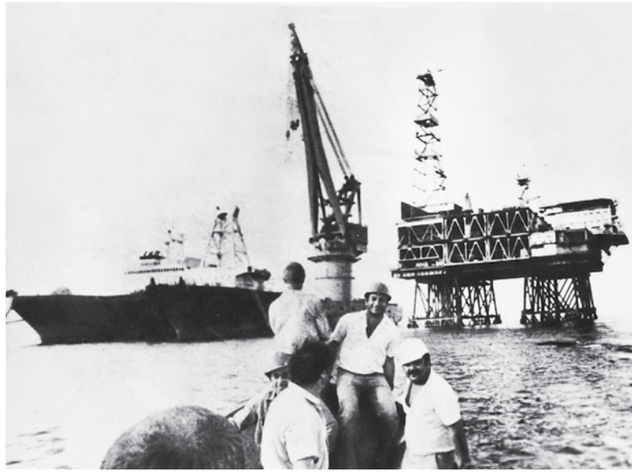
Новый виток политических осложнений и наложенных международных санкций заставил уйти западные компании из Вьетнама, но к тому времени поменялась и обстановка в СССР – в конце 1970-х годов стало активно развиваться морское направление. Поэтому, когда в очередной раз Вьетнам обратился за помощью в разработке своих нефтяных месторождений, Советский Союз пошел навстречу.

3 июля 1980 года между правительствами СРВ и СССР было подписано соглашение о сотрудничестве в области проведения геологоразведки и добычи нефти и газа на континентальном шельфе юга Вьетнама, а спустя почти год, 19 июня 1981 года, было принято межправительственное соглашение об учреждении на паритетных началах совместного советско-вьетнамского предприятия. Это было нестандартное решение для обоих государств, но масштабность проекта потребовала ответственного взаимодействия двух сторон на равных условиях. Так было положено начало большого советско-вьетнамского проекта длиною уже в 40 лет.

Открытие «Белого Тигра»

Сейчас сложно представить, но судьба всего проекта могла не только сложиться иначе, но и завершиться, не начавшись. Дело в том, что по результатам экспедиций советских специалистов во Вьетнам в 1979 году оценка перспектив нефтегазоносности шельфа была скорее отрицательная и под большим вопросом стояла целесообразность участия СССР.

В вопрос вмешался Остап Шеремет, в те годы главный геолог и заместитель начальника «Главморнефтегаза». Он был опытным нефтяником, много лет проработавшим на Сахалине и в Республике Коми, и при поддержке экспертов И. П. Жабрева и В. П. Толмачева добился того, чтобы расчеты были перепроверены при участии опытных специалистов с Сахалина, Баку и Вьетнама. По итогам новой экспертизы вышло совсем иное заключение, положившее начало работам по советско-вьетнамскому нефтяному проекту.



Первая платформа ВСП

Источник: «Зарубежнефть»

Изначально «Вьетсовпетро» планировало начать бурение еще в 1983 году, но длительные согласования и план по поставке самопогружной буровой установки срывались. В итоге, в чрезвычайном порядке во Вьетнам было направлено буровое судно «Михаил Мирчинк», которое приступило к бурению разведочной скважины только 31 декабря 1984 года. По понятным причинам искать нефть стали там, где ее когда-то впервые обнаружили – на месторождении «Батьхо», что переводится с вьетнамского как «Белый Тигр».

Когда в мае 1984 года провели первое испытание скважины, только один из объектов в интервале 2782–2826 м оказался продуктивным, подтвердив наличие

На месторождении продуктивны не только миоценовые, но и более глубокие олигоценовые отложения. На них был получен приток нефти 200 т/с, а общий дебит с 9 пластов составил 1,3 тыс. т/с

нефти с водой дебитом на 7,9-мм штуцере 26,2 м^3/сутки и 5 м^3/сутки воды. Специалисты были в растерянности, так как цифры не отвечали планам по технико-экономической эффективности проекта, но для Вьетнама это стало огромным событием – по всей стране люди передавали друг другу: «Во Вьетнаме есть нефть!».

Начались обсуждения внутри проектной группы, многие высказывали скепсис относительно месторождения, и тогда было принято решение уйти на север и пробурить новую скважину 4-БТ до проектной глубины 3501 м. Все с замиранием сердца ждали результатов испытания. Интуиция не подвела. Оказалось, что на месторождении продуктивны не только миоценовые, но и более глубокие олигоценовые отложения – был получен приток нефти 200 тонн в сутки, а общий дебит с девяти пластов олигоценовых отложений составил 1300 тонн в сутки.

Опираясь на полученные данные, геологи произвели перерасчет запасов месторождения «Белый Тигр», которые уже позволяли говорить о промышленной добыче нефти. Перед «Вьетсовпетро» открылись новые перспективы. То, что было на грани срыва, стало развиваться ускоренными темпами – пейзаж шельфа менялся на глазах, тут и там вырастали морские стационарные платформы (МСП).

В 1984–1986 гг. буровыми работами в СП «Вьетсовпетро» руководил один из главных героев истории «Белого Тигра» Владимир Степанович Вовк. По его рассказам, после окончания строительства МСП-1, когда приступили к бурению первой эксплуатационной скважины, дошли до фундамента и началось поглощение бурового раствора. Чтобы его предотвратить, стали использовать подручные средства – ими оказалась рисовая шелуха.

Когда ситуация нормализовалась, все присутствующие стали анализировать случившееся и пришли к выводу, что есть

Добыча нефти на шельфе Вьетнама *Источник: «Зарубежнефть»*

Добыча нефти на шельфе Вьетнама *Источник: «Зарубежнефть»*

трещины, которые могут потенциально содержать нефть. Буровики уже собирались пойти на риск и пробурить еще 20 м, чтобы испытать скважину, но в этот момент вмешалось руководство, запретив любые эксперименты, основываясь на мнении, что в гранитных образованиях нефти быть не может. Полученный результат – порядка 86 кубометров нефти в сутки, всех устроил. Для 1986 года этого было достаточно, чтобы постановить о начале промышленной добычи нефти на «Белом Тигре».

Однако совсем скоро продуктивность первой скважины постепенно начала снижаться, и дебит уже к концу 1986 года составлял всего 17 т. Пластовое давление снижалось и было нужно переходить к механизированной добыче, а это требовало времени и новых затрат, да и на фоне не самых лучших показателей по добыче. Ситуация ухудшалась, СП «Вьетсовпетро» стала испытывать большие трудности.

И вот, по стечению обстоятельств, Владимир Вовк, покинувший Вьетнам в 1986 году, приняв приглашение возглавить «Черноморнефтегаз», спустя два года возвращается на шельф, чтобы исправить ситуацию на «Белом Тигре». Он сразу же приступает к идее испытания фундамента, тем более, что теперь его поддерживали геологи.

Бурение на фундамент оказалось непростым: осторожно и последовательно продвигались дальше и дальше, пока 6 сентября 1988 года посреди ночи не раздался звонок – скважина заработала, давление около 120 атмосфер. Когда ввели скважину в эксплуатацию, уже через час дебит составил 1200 т чистейшей нефти. На «Белом Тигре» все-таки была большая нефть, но там, где ее никто не ожидал найти – в гранитах!

«Белый Тигр» – уникальное морское месторождение. По данным бурения, высота массивной залежи здесь составила более 1,5 км, а запасы были оценены более чем в 500 млн т сырой нефти и десятки

«Белый Тигр» – уникальное морское месторождение. Высота массивной залежи здесь составила более 1,5 км, а запасы были оценены более чем в 500 млн т сырой нефти и десятки млрд кубометров ПНГ

миллиардов кубометров попутного газа. Кроме того, добываемая нефть характеризовалась высоким качеством: была легкой и бессернистой.

С момента открытия залежей нефти в гранитах, добыча стремительно росла: к 1990 году СП «Вьетсовпетро» показал почти 10-кратный рост. Воздвигались новые стационарные платформы, причем усовершенствованные – до 22 скважин. Предприятие вступало в новую эру – 1990-е годы станут настоящим расцветом «Вьетсовпетро».

Новая глава

СП «Вьетсовпетро» было создано как совместное предприятие двух государств, поэтому, когда к концу 1980-х годов Советский Союз стоял на пороге распада и крушения системы, это стало сказываться и на финансировании вьетнамского проекта. Уже в июле 1988 года между представителями правительств СССР и Вьетнама начались переговоры о необходимости внесения изменений в соглашение от 19 июня 1981 года – срочно требовалось внести корректировки, соответствующие новым экономическим реалиям.

Длительные переговоры наконец привели к заключению нового Межправительственного соглашения о продолжении сотрудничества в области проведения геологической разведки и нефтегазовой добычи на континентальном шельфе юга СРВ в рамках совместного предприятия «Вьетсовпетро», которое с 1 января 1991 года должно было уже действовать на принципах хозяйственного расчета, самофинансирования и самоокупаемости.

Совместное предприятие наделялось правом заключать контракты на поставку оборудования, материалов и услуг, необходимых для производственно-хозяйственной деятельности. Кроме того, были разделены зоны деятельности обеих сторон, определена арендная плата за пользование земель, водных и морских пространств, размеры налогов, распределения прибыли и уставной фонд. Срок действия соглашения был продлен на 9 лет.

С 1991 по 2010 гг. общая выручка «Вьетсовпетро» составила 50 млрд долл., в 1999 г. добыча превысила 12 млн т. Вьетнам демонстрировал один из самых высоких темпов роста ВВП в 8,5 % в год

Сотрудник «Вьетсовпетро»
Источник: «Зарубежнефть»

То, что было создано когда-то как акт поддержки Советским Союзом дружественного государства, приобрело новую форму работы в соответствии с мировыми стандартами экономики. Благодаря открытию массовых залежей нефти на «Белом Тигре», экономика Вьетнама стала наращивать обороты в 1990-е годы. Активная добыча, развитие инфраструктуры промысла и дальнейшее освоение новых месторождений шельфа перевернуло представление о Вьетнаме в мире. В Социалистическую Республику Вьетнам стали инвестировать иностранные компании. Не устояли даже американцы – в 1994 году США отменили эмбарго против СРВ, а в 1995 году установили дипломатические отношения с Ханоем. На карте шельфа стали появляться новые нефтегазовые месторождения, но ни одному из них не удалось повторить успех «Белого Тигра».

В начале 2000-х годов СП «Вьетсовпетро» добывало около 80 % всей нефти Вьетнама. За счет ресурсов и научной базы «Белого Тигра» стали развиваться многие новые отрасли всей страны: электроэнергетика, информационные технологии, машиностроение, монтажно-сборочные работы, строительство и ремонт буровых платформ, коммуникации и связь, банковское дело, морское пароходство и нефтехимическая промышленность. В 1995 году было завершено строительство и введен в эксплуатацию первый в море газопровод, который подавал попутный газ на завод азотных удобрений «Фуми».

Деятельность по освоению «Белого Тигра» и других месторождений на шельфе юга Вьетнама стала источником значительных доходов в бюджете страны. За период с 1991 по 2010 годы общая выручка СП «Вьетсовпетро» составила 50 млрд долларов, в 1999 году добыча нефти совместного предприятия превысила 12 млн т. В эти же годы Вьетнам демонстрировал один из самых высоких темпов развития: ВВП рос по 8,5 % в год.

Вектор развития

В начале 2000-х годов, когда к власти в России пришел Владимир Путин, нефтегазовая сфера страны была на подъеме и сотрудничество с Вьетнамом было признано одной из ключевых отраслей экономики. СП «Вьетсовпетро» вновь приобрело статус проводника дружественных отношений двух государств, что помогало развиваться российско-вьетнамскому нефтяному проекту.

Добыча нефти «Вьетсовпетро» на шельфе Вьетнама
Источник: «Зарубежнефть»

В 2003 г. добыча «Вьетсовпетро» достигла исторического максимума – 13,5 млн т, после чего началось закономерное снижение. Через три года добыча нефти сократилась на 27%, до 9,8 млн т

В 2003 году добыча СП «Вьетсовпетро» достигла исторического максимума – 13,5 млн т, после чего началось закономерное снижение. Через три года добыча нефти сократилась на 27 % и составила 9,8 млн т, а еще через три – производство снизилось до 6,5 млн т. Это вызывало беспокойство в правительстве Вьетнама, и нужно было срочно искать новые решения.

От «Белого Тигра» уже мало кто ждал новых открытий, казалось, что вся база исчерпана, но за счет развития науки и разработанным новым подходам к работе с терригенными отложениями стало возможным вдохнуть в старое месторождение новую жизнь. Активная разведка и разработка новых блоков месторождения позволяет совершать новые открытия почти каждый год.

Казалось, что только недавно большим событием была разработка и ввод в эксплуатацию блок-кондуктора № 20в Юго-Западной части Блока 09–1 (2019 год), как подоспело новое –на блоке 09–2/09 были открыты два нефтегазовых месторождения: Kinh Ngu Trang и Kinh Ngu Trang Nam, промышленные запасы которых составляют 28,3 млн тонн нефти и 10,2 млрд м^3 газа.

25 января 2019 года состоялся долгожданный ввод в эксплуатацию нового месторождения «Белуга»: стартовый дебит трех скважин составил более 10 тыс. барр./сутки, что выше планируемого более чем на 25 %.

Сегодня СП «Вьетсовпетро» – это мощный производственно-технологический комплекс по добыче нефти в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР), который носит ключевой статус в многогранных и взаимовыгодных экономических отношениях двух стран.

Олег АКИМОВ
Заместитель генерального директора по добыче АО «Зарубежнефть»

DOI 10.46920/2409-5516_2021_6160_88

Успехи «Вьетсовпетро» вызвали волну интереса у ведущих нефтяных компаний мира к вьетнамскому шельфу

За 40 лет деятельности «Вьетсовпетро», главным событием, конечно, является само создание этого совместного предприятия, которое ныне является одним из наиболее экономически эффективных нефтедобывающих предприятий мира, а история его успеха связана в первую очередь с открытием гигантского месторождения «Белый Тигр». О том, какие еще важные события происходили в «Вьетсовпетро» и какие задачи стоят у предприятия на ближайшую перспективу, рассказал Олег Акимов, заместитель генерального директора по добыче АО «Зарубежнефть».

Э. П.: Какие знаковые события определили дальнейшее развитие СП «Вьетсовпетро»?

О. В. Акимов: Открытие огромных запасов нефти в трещиноватых и выветрелых гранитных породах фундамента в 1987 году, положившее начало интенсивного роста добычи и производственных достижений СП.

Кроме того, исходя из интересов обеих стран и потенциала развития СП «Вьетсовпетро», 27 декабря 2010 года в Ханое Правительством РФ и Правительством СРВ было подписано соглашение о дальнейшем сотрудничестве в области геологической разведки и добычи нефти и газа на континентальном шельфе Вьетнама сроком на 20 лет, до 2030 года.

Высокие достижения «Вьетсовпетро» позволили перенести положительный опыт взаимодействия «Зарубежнефти» и компании «Петровьетнам» на территорию России – в 2008 году было создано «зеркальное» совместное предприятие «Русвьетпетро» для освоения месторождений в России.

Кстати, именно успехи «Вьетсовпетро» стали причиной резкого возрастания интереса ведущих нефтяных компаний мира к вьетнамскому шельфу.

Э.П.: Что на сегодняшний день представляет СП?

О. В. Акимов: Сегодня СП «Вьетсовпетро» является флагманом экономического сотрудничества между Российской Федерацией и Социалистической Республикой Вьетнам, на долю которого приходится около 20 % национальной добычи нефти Вьетнама. За счет усилий российских и вьетнамских нефтяников, страна, наряду с Индонезией, Малайзией и Брунеем, входит в четверку крупнейших стран-производителей нефти в Юго-Восточной Азии.

Накопленная добыча предприятия на сегодня составляет более 240 млн тонн

Месторождение «Белуга»

Источник: vietnambiz.vn

нефти. Для обустройства месторождений «Белый Тигр», «Дракон», «Белый Медведь» и «Белый Заяц» в море построены 13 морских стационарных платформ, 26 блок-кондукторов, две технологические платформы подготовки нефти, три компрессорные станции и две платформы ППД.

Единая система сбора газа низкого давления обеспечивает нормальное функционирование всего технологического процесса по сбору и транспортировке газа на берег, подготовке газа и использованию его для газлифтного способа добычи нефти на месторождениях СП «Вьетсовпетро», а также позволяет использовать до 95 % добываемого газа.

«Зарубежнефть» и СП «Вьетсовпетро» с компаниями DEME Offshore BE NV и DEME CONCESSIONS WIND NV планируют проект строительства офшорного ветропарка «ВиньФонг» во Вьетнаме мощностью 1 ГВт

В СП «Вьетсовпетро» создана одна из лучших береговых баз в Юго-Восточной Азии по строительству и монтажу в море технологических платформ для бурения скважин и добычи нефти и газа. В своем активе предприятие имеет пять самоподъемных плавучих буровых установок, более 20 единиц флота, включая крановомонтажные, противопожарные, водолазные и транспортно-буксирные суда, три установки беспричального налива.

Созданные производственно-технологические мощности обеспечивают не только потребности совместного предприятия, но и позволяют «Вьетсовпетро» оказывать сервисные услуги зарубежным партнерам, работающим во Вьетнаме.

Э. П.: Какие ключевые задачи ставятся перед СП на ближайшее время?

О. В. Акимов: Реализация мероприятий по нивелированию темпов падения добычи на месторождениях СП является основной задачей на ближайшую перспективу. Для компенсации падающей добычи запланировано выполнение 67 геолого-технических мероприятий, в том числе бурение и ввод скважин на существующих сооружениях месторождений «Белый Тигр» и «Дракон», бурение боковых стволов для вовлечения остаточных запасов месторождений «Белый Тигр», «Дракон», «Белый Медведь».

В рамках работы с базовым фондом запланировано продолжение внедрения электроцентробежных насосов (ЭЦН), что позволит в будущем снизить расход газлифтного газа и повысить дебит существующих скважин. Продолжается разбуривание новой залежи месторождения «Белый Тигр» (БК-21).

В области капитального строительства запланирован монтаж и строительство двух блок-кондукторов (БК-18А и БК-19) с вводом в эксплуатацию в IV квартале 2021 года.

На 2021 год утвержден план добычи нефти и конденсата СП «Вьетсовпетро» в 2021 году в объеме 2 865 тыс. тонн и дополнительное задание в объеме 150 тыс. тонн. План добычи природного газа в северо-восточном районе месторождения «Дракон» утвержден в объеме 76,6 млн кубометров.

Производственная программа СП включает также мероприятия, направленные на получение дополнительной добычи нефти и снижение темпов падения базовой добычи, с достижением выходной добычи на уровне 7 950–8 400 тонн в сутки.

Вместе с тем, под влиянием сложившейся макроэкономической обстановки проводятся комплексные оптимизационные мероприятия, в целях повышения операционной и инвестиционной эффективности – совершенствование организационной структуры, оптимизация графика бурения, минимизация резервов по видам расходов, в значительной степени не повлиявшее на долгосрочный уровень добычи нефти, совершенствование нормативной базы в части расценок, норм расхода и пр.

Э. П.: Какими Вы видите перспективы «Вьетсовпетро»?

О. В. Акимов: Перспективы развития СП «Вьетсовпетро» на ближайшее время связаны с проведением комплекса мер, направленных на восполнение ресурсной базы и поддержание добычи на уровне, обеспечивающем рентабельность. Для этого необходимо продолжить активную работу по поиску новых структур, внедрению современных технологий для повышения нефтеотдачи на объектах блока 09–1, в том числе на нерентабельных (маргинальных) участках, экономическая эффективность разработки которых с применением традиционных технологий находится на пределе безубыточности.

На фоне падающей добычи и высвобождения производственных мощностей и кадровых ресурсов СП «Вьетсовпетро» наращивает объемы услуг, оказываемых сторонним организациям. Это бурение разведочных и добывающих скважин, строительство морских объектов, обустройство месторождений и многое другое.

Успешная ценовая политика в части оказываемых услуг, а также уникальность производственных мощностей и высокий профессиональный уровень подготовки персонала позволят СП нарастить выручку по данному виду деятельности со 170 млн долларов в 2020 году до 220 млн долларов к 2030 году.

Месторождение «Золотой Дракон»
Источник: dantri.com.vn

В то же время, учитывая опыт реализации шельфовых проектов на территории СРВ и наличие совместного предприятия «Вьетсовпетро», обладающего необходимыми производственными мощностями, «Зарубежнефть» в приоритетном порядке будет фокусироваться на участии в проектах оффшорной ветрогенерации.

Так, в настоящее время «Зарубежнефть» и СП «Вьетсовпетро» с компаниями DEME Offshore BE NV и DEME CONCESSIONS WIND NV планируют совместный проект строительства офшорного ветропарка «ВиньФонг» во Вьетнаме мощностью 1 ГВт и стратегическое сотрудничество по морской ветроэнергетике.

УДК 665.7.035, 665.7.038, 665.62 DOI 10.46920/2409-5516_2021_6160_92

Маркировка нефти и нефтепродуктов

The Marking of Crude Oil and Oil products

Александр БАКАЕВ
Заместитель директора Института развития технологий ТЭК, к. э. н.
e-mail: info@irttek.ru

Дмитрий КОПТЕВ
Руководитель медиацентра Института развития технологий ТЭК
e-mail: info@irttek.ru

Alexander BAKAEV
Ph.D., deputy director of The Fuels and Energy Technology Development Institute
e-mail: info@irttek.ru

Dmitry KOPTEV
Media relations director of The Fuels and Energy Technology Development Institute
e-mail: info@irttek.ru

Морские нефтехранилища *Источник: tenthpin.com*

Аннотация. В статье рассмотрены существующие и перспективные технологии маркировки нефти и нефтепродуктов, а также эффективность и экономическая обоснованность программ по их применению. Показан значительный экономический эффект от внедрения систем маркировки, а также положительное влияние таких практик на снижение уровня коррупции и укрепление имиджа производителей на мировом рынке. В результате проведенной работы доказывается необходимость внедрения технологий маркировки в практику отечественных нефтяных и нефтетранспортных компаний.
Ключевые слова: маркировка, нефть, нефтепродукты, молекулярный маркер, маркерные технологии, хищение нефти, фальсификация топлива.

Abstract. The publication reviews the existing and prospective technologies of marking crude oil and crude oil products and their efficacy and economic feasibility. The marking was shown to have a significant positive economic impact, lowering products falsification risks (уровня коррупции) and improving the crude oil producers image of in the global markets. The publication supports the adoption of crude oil and crude oil products marking by the Russian upstream and pipeline companies.
Keywords: marking, crude oil, crude oil products, molecular marker, marking technologies, crude oil theft, fuel falsification.

> **Система маркировки топлива – это комплексная программа, использующая технологию аутентификации на основе безопасных молекулярных маркеров**

Введение

Нефть и нефтепродукты (особенно топливо) вызывают повышенный интерес у криминальных элементов во всем мире. Эту продукцию саму по себе достаточно сложно идентифицировать по принадлежности к конкретному производителю, поэтому торговля краденным либо сфальсифицированным из похищенного сырья топливом остается высокодоходным и не слишком рискованным бизнесом. В результате производители и транспортные компании ежегодно терпят многомиллиардные убытки, государственный бюджет недополучает пошлины на сотни миллионов рублей, а потребители получают бензин и дизель, которые повреждают двигатели и наносят вред людям и окружающей среде.

На сегодняшний день существуют технологии, которые позволяют решить данную проблему и целый ряд других не менее острых вопросов нефтяного и топливного рынков. Речь идет о маркировке нефти и нефтепродуктов, которая находит широкое применение в разных странах.

В марте «Транснефть» объявила о проведении двух тендеров на разработку технологий маркировки нефти и нефтепродуктов. По итогам конкурса в период с конца мая 2021 года по конец января 2022 года должны быть проведены исследования влияния маркера на качество нефти и нефтепродуктов, на процессы транспортировки и нефтепереработки.

В качестве основной цели научно-исследовательских разработок названо повышение эффективности контроля за качеством нефти и нефтепродуктов при приеме от грузоотправителей, транспортировке и сдаче грузополучателям в системе «Транснефти», исключение хищения и повторной сдачи и замены на сырье и продукт худшего качества [1].

Попытаемся выяснить, как применяются технологии маркировки нефти и нефтепродуктов на мировых рынках, дает ли это

Незаконная врезка в нефтепродуктопровод

Источник: «Транснефть»

ощутимые преимущества национальным рынкам и экономикам, продавцам и потребителям, существуют ли ограничения на их применение, каковы перспективы развития технологий маркирования.

Цели и задачи маркировки нефти и нефтепродуктов

Система маркировки топлива [2] – это комплексная программа, использующая передовую технологию аутентификации, состоящую из безопасных молекулярных маркеров, сетей мобильных и центральных лабораторных контрольных анализаторов, точных и быстрых методов тестирования, а также развитой системы управления информацией, которая генерирует своевременную и действенную информацию, позволяющую правительствам снизить риски уклонения от уплаты налогов и злоупотребления бюджетными субсидиями, минимизирует финансовые потери и повышает собираемость налогов.

Цели маркировки [3]:

1. Борьба с фальсификацией топлива и незаконной торговлей некачественной продукцией.
2. Обеспечение собираемости налогов и топливных акцизов.
3. Гарантия качества всех видов топлива, повышение доверия потребителей.
4. Обеспечение работоспособности транспортных средств, отопительного оборудования за счет обеспечения надлежащего качества топлива.
5. Предотвращение незаконного ввоза нефтепродуктов и демпинга за счет транзитного, экспортного или субсидированного топлива.
6. Защита бренда.
7. Защита окружающей среды.

Тема маркировки всего и вся (от деталей машин до молочных продуктов) прочно вошла в бизнес и повседневную жизнь.

Одной из технологий маркировки топлива для предотвращения контрабанды является рентгеновская флуоресценция. Этот раствор вызывает реакцию в молекулах топлива при прохождении через детектор

В течение последнего десятилетия прослеживается постоянно возрастающий поток публикаций по этой теме, общее число публикаций в русскоязычном пространстве превысило величину 700 тыс.

Утверждается, что маркировка товаров позволяет вывести контроль качества на принципиально новый уровень, исключить контрафакт, облегчить борьбу с контрабандой, цивилизовать рынки и т. п.

Новый контекст применения технологий маркировки возник и развивается в условиях санкционных и торговых противостояний.

Применение колеровки топлива активно обсуждалось в начале 1980-х годов для борьбы с хищениями казенного бензина, по образу и подобию некоторых стран социалистического лагеря (Венгрия, ГДР), но внедрить во всесоюзную практику такие процедуры так и не удалось.

Большинство стран подвержено мошенничеству с топливом, но для развивающихся стран, в бюджетах которых на счету каждая копейка, технологии маркирования могут существенно пополнить бюджеты.

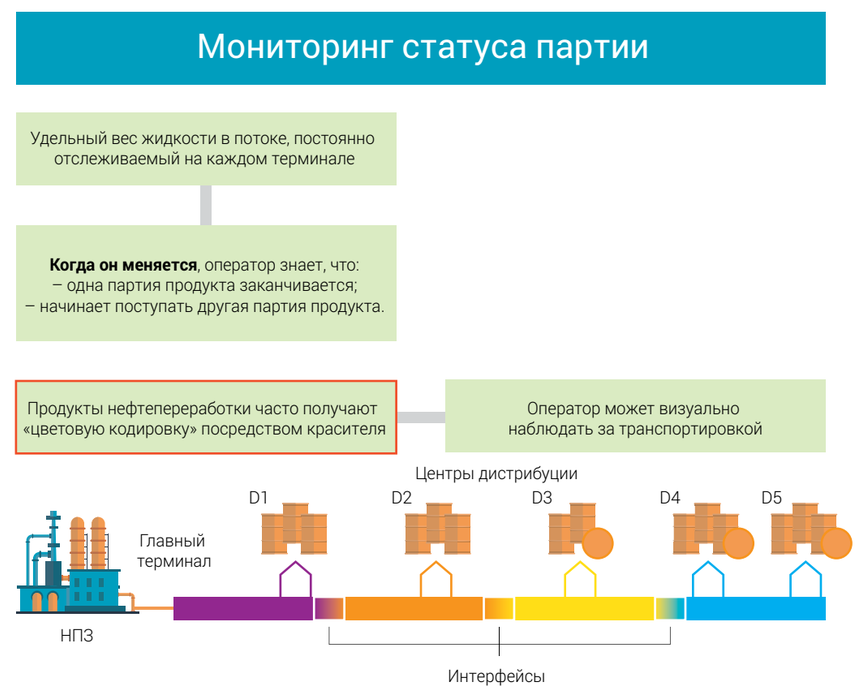
Наиболее распространенными маркерами являются красители, то есть молекулы, впрыскиваемые в бензин, которые при внесении других растворителей вызывают изменение окраски топлива

Цветовые маркеры используются на НПЗ для контроля качества выпущенных партий топлива (схематично представлено на рис. 1).

К настоящему времени технологии маркировки топлива, активно развивавшиеся в условиях госпрограмм на рынках развитых стран, применяются и на топливных рынках стран третьего мира.

В России подобные технологии пока не получили заметного распространения, о чем свидетельствует тематическая ме-

Рис. 1. Схема применения цветовых маркеров на НПЗ



дийная активность (см. рис. 2 и рис. 3): сообщений о маркировке нефти и нефтепродуктов в СМИ в последнее десятилетие несопоставимо (по сравнению с массивом сообщений и маркировке других товаров) мало.

Хранилище Роспатента содержит несколько патентов на изобретения, связанные с маркировкой нефти и нефтепродуктов. В научных журналах, исходя из данных Научной электронной библиотеки elibrary, опубликованы лишь считанные статьи о разработке и применении маркерных технологий, в основном затрагивающие тему маркирования других продуктов.

Применяемые технологии в маркировке нефти и нефтепродуктов

Одной из технологий, применяемых при маркировке топлива для предотвращения контрабанды, является рентгеновская флуоресценция (XRF). Этот раствор вызывает реакцию в определенных молекулах топлива при прохождении через детектор, генерируя в нем определенные пигменты, указывающие на происхождение топлива.

Детекторы рентгеновского излучения настолько специфичны, что они также позволяют определять уровни серы в топливе, в дополнение к контролю наличия металлов износа в смазочных материалах для предотвращения износа двигателей.

Метод газовой хроматографии заключается в анализе газов, выделяемых топливом при повышении их температуры,

В 2000-е годы появилась технология ДНК-маркеров, представляющие собой уникальные комбинации нуклеотидов с внедренными флуорофорами, которые невозможно копировать или дублировать

таким образом, можно определить такие добавки как бром, хлор или фтор, которые вводятся в бензин и которые не содержатся в исходном составе топлива.

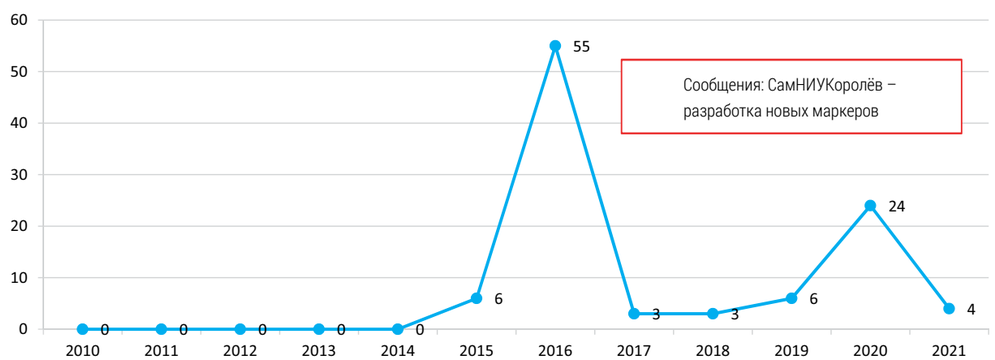
Хроматография была объединена с масс-спектрометрией, что позволило обеспечить более специфические измерения на молекулярном уровне химических веществ, входящих в состав бензина. Комбинация обеих технологий позволяет разделять составы на основе их свойств, а также измерять удельный отпечаток маркера.

Этот механизм используется для анализа маркеров топлива более 20 лет, прежде всего в качестве лабораторного процесса, поддерживающего разработку программ целостности топлива, но разработаны и модернизируются средства полевой диагностики.

Наиболее распространенными маркерами являются красители, представляющие собой молекулы, впрыскиваемые

Рис. 2. Маркировка нефти. Динамика потока публикаций, ед./год. Период 01.01.2010 г. – 22.04.2021 г.

Источник: данные СКАН-ИФ



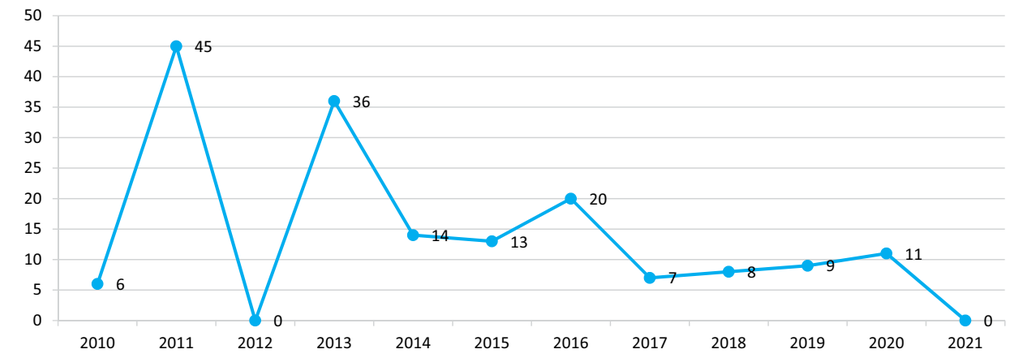


Рис. 3. Маркировка нефтепродуктов. Динамика потока публикаций. Период 01.01.2010 г. – 22.04.2021 г.

Источник: данные СКАН-ИФ

в бензин, которые при внесении других растворителей вызывают химическую реакцию, приводящую к изменению окраски топлива. Далее по хорошо известным цветовым характеристикам можно узнать, было ли топливо разбавлено другими веществами, в том числе сомнительного происхождения.

Появилась в 2000-е годы и технология ДНК-маркеров [4], представляющие собой уникальные комбинации нуклеотидов с внедренными флуорофорами, которые невозможно копировать или дублировать. Современные технологии позволяют разработать индивидуальную композицию маркера для клиента с учетом особенностей продукции. По своему усмотрению производитель может хранить информацию о маркированном продукте в международном банке данных, что, в свою очередь, позволит определить место и дату производства партии нефтепродукта, принадлежность к определенному производителю, пункт назначения и другие данные.

В 2016 СМИ часто упоминали разработку исследователей кафедры физической хи-

Маркеры позволяют отследить поставки контрафактного топлива на АЗС

Источник: ЭП

Молекулярный маркер нужен в очень малых количествах. Его можно автоматически вводить в топливо. Такие маркеры не меняют характеристик топлива и чрезвычайно долго остаются стабильными

мии и хроматографии СамНИУ им. С. П. Королёва – технологию скрытой маркировки нефти. Основу метода составляет добавление в нефть молекулярных маркеров, которые позволят определять место добычи и пути перевозки нефти. Эти маркеры не ядовиты, не токсичны, не являются каталитическими ядами и при переработке нефти полностью разлагаются. С помощью метода газохроматографического анализа эти маркеры позволят узнать, где добыта нефть, когда отгружена потребителю, при наличии необходимого множества пунктов контроля можно отследить ее маршрут к месту переработки, а затем, уже используя другие наборы маркеров, отследить путь нефтепродуктов к потребителям.

Наибольший интерес вызывает патент на изобретение «Способ и система маркировки и определения подлинности жидких углеводородов», правообладателем которого выступает Atomic Energy Commission of Israel.

Данное изобретение позволяет идентифицировать нефть, бензин, керосин, различные виды топлива для оценки сохранения исходного качества (разбавления, подделки), разлива или утечки жидких углеводородов из трубопроводов, танкеров или хранилищ. Однако формула изобретения составлена довольно обобщенно.

Предлагаемые решения по маркировке нефти и нефтепродуктов

По данным швейцарской компании SICPA, молекулярный маркер – наиболее эффективная технология для отслеживания кражи и фальсификации топлива [5]. Молекулярный маркер нужен только в очень малых количествах, и его можно автоматически вводить в топливо. Используются надежные и несмываемые маркеры; они не меняют характеристик топлива и чрезвычайно стабильны в течение длительного времени, не наносят вреда окружающей среде и не влияют на функционирование транспортных средств.

При этом можно обнаружить минимальные различия в концентрации. Данная технология применялась в таких развивающихся странах, как Филиппины, Мозамбик, Албания, Уганда и Танзания в рамках усилий по искоренению незаконных рынков топлива. В этих странах мошенничество при продаже бензина было искоренено благодаря правильному применению сложных решений молекулярной маркировки, а также других правовых и нормативных мер.

Эта же компания предлагает мобильные анализаторы для контроля маркированного топлива, а также систему машинного обучения, позволяющая значительно повысить эффективность контроля.

Система маркировки топлива (в том числе биотоплива) и других товаров с применением ДНК технологий (продукт CypherMark™) и люминесцентных технологий (продукт ValiMark™) используется компанией TraceTag International (Великобритания – Норвегия) [6].

В России решения на основе ДНК маркеров компании TTI предлагает компания

Лабораторные исследования нефти и газа
Источник: narfu.ru

Лабораторные исследования нефти
Источник: 5drops.ru

«ДИСПАК» [7]. Утверждается, что маркеры ДНК невозможно скопировать или продублировать и, что результаты ее применения служат 100 % доказательством идентичности углеводородного сырья и нефтепродуктов в судах. Определение ДНК-меток проводится мобильными аналитическими комплексами на основе метода полимеразной цепной реакции (ПЦР).

ЦНИТИ «Техномаш» предлагает разработку способов и средств маркировки нефтепродуктов и сырой нефти [8].

Идентификацию нефти и нефтепродуктов предполагается осуществлять на основе введения специфического вещества-маркера и люминесцентного считывания с использованием недорогого, компактного, носимого, не требующего высокой квалификации обслуживающего персонала устройства.

Ориентировочное время полного цикла анализа от момента забора пробы до получения результата – 20–30 минут. Метод требует несложной пробоподготовки, которую способен провести человек без специальных химических навыков и образования.

Устройство считывания будет весить около 500 г, питается от стандартных батареек.

Компания Tracerco (Великобритания) наряду с услугами и средствами контроля нефтедобычи предлагает и собственные технологии маркировки топлива (экологически безопасные маркеры углерода, водорода, кислорода и азота (CHON)); предоставляет правительствам и владельцам торговых марок индивидуальные программы защиты цепочки поставок топлива от разбавления, замены и контрабанды [9]. Основа – собственные маркеры, портативные анализаторы, сервисы лабораторного анализа, визуализация результатов тестирования с помощью облачной платформы Tracerco™ Insights.

По утверждениям компании, национальные программы маркировки топлива Tracerco вернули клиентам более 10 миллиардов долларов. Программы нацелены на следующие достижения:

1. Увеличение доходов от налогов на топливо и возмещение дополнительных доходов, потерянных в результате мошенничества с топливом.
2. Борьба с контрабандой, фальсификацией, злоупотреблением скидками и подменой классов топлива.
3. Определение узлов мошенничества в цепочках поставок.
4. Получение доказательств для поддержки судебного преследования или других действий против незаконной преступной деятельности.
5. Снижение рисков для здоровья населения и окружающей среды за счет сокращения выбросов топлива, связанных с использованием фальсифицированного топлива.
6. Повышение качества топлива, ведущее к сокращению поломок автомобилей и заводского оборудования.
7. Демонстрация надлежащего управления международным организациям и финансовым учреждениям, таким как МВФ и ВБ.

Маркировка нефти в нефтепроводах более сложная задача, чем маркировка топлива. На входах запускаются маркеры с определенной скоростью и плотностью – для каждого поставщика свой маркер

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(160) / 2021

В случае производства нефтепродуктов, а также транспортировки их цистернами или по мультипродуктовым трубопроводам, все эти технологии контроля качества работают и приносят, судя по отчетам компаний и правительственных агентств, немалые выгоды.

Однако маркирование сырой нефти в магистральных нефтепроводах представляется более сложной задачей. Потребителям поставляется смесь Urals и можно вспомнить заявления некоторых нефтедобытчиков, что их нефть более качественная в сравнении со смесью, но продается по цене Urals.

Лабораторные исследования нефти
Источник: bloombergquint.com

Соответственно, основной контроль должен быть на входе каждого поставщика в трубу.

На входах запускаются маркеры с определенной скоростью и плотностью – для каждого поставщика свой маркер с пропорциональной закачанному объему плотностью.

Идет смешение, в том числе и маркеров, но признаки не теряются и число маркеров остается для каждой партии нефти постоянным (правда, все это при работе насосов распределяется на какие-то расстояния, то есть требуется поднять гидродинамические модели и попытаться оценить временные и пространственные распределения маркеров по трубопроводу). В местах контроля и на выходе регистрируются маркеры, распознаются, оценивается плотность каждого и строится картина; в результате, можно будет сделать выводы о неизменности состава жидкости или о несанкционированной подкачке жидкости на каком-то отрезке магистрали.

Скорее всего, для этого необходим жесткий контроль на входе, в т. ч. с маркировкой (каждому поставщику присваивается свой неизменный маркер), а также тотальный контроль по всей протяженности магистрали с применением дрон-патрулирования, средств космического и воздушного дистанционного зондирования и обработки в реальном времени всех данных нейросетями.

Разрабатываются комплексные решения гарантий качества по примерно такой схеме, выработанной устойчивыми правовыми системами развитых стран:

1. Определение качества топлива (или сырья) на входе.
2. Мониторинг состояния топлива на каждом этапе цепочки (скважина, накопитель, транспорт, НПЗ, хранилища продуктов, транспортировка, распределительные сети и т. п., вплоть до розницы).
3. Внедрение методов и средств гарантии качества на каждом этапе процесса, для чего нужны системы маркировки и анализа маркеров.

Для оперативного решения задач контроля качества используются одни наборы маркеров.

Для комплексных программ надстраивается следующий этаж контроля за счет добавления дополнительного молекулярного маркера, определяемого методами газовой хроматографии и масс-спектрометрии, как вариант – ПЦР-методы в случае применения ДНК-маркеров. Если в ходе замеров выявлены нарушения, подозрительные образцы доставляются в лаборатории для проведения углубленной экспертизы.

Организационные и юридические аспекты маркировки нефти и нефтепродуктов

В настоящее время в ряде стран применяются различные программы по борьбе с кражами топлива в национальном масштабе, злоупотреблением топливными субсидиями, утечками нефтепродуктов и уклонением от уплаты налогов. Считается, что объем криминальных операций с топливом может быть существенно сокращен именно за счет использования национальных программ обеспечения подлинности топлива.

Так, например, компания Authentix, которая была образована в результате слияния двух ведущих игроков отрасли аутентификации – компаний Isotag (США) и Biocode (Великобритания) – за последние 15 лет реализовала 22 национальных программы маркировки топлива. Решения Authentix на сегодняшний день применяют девять ведущих нефтегазовых компаний в США, Европе, Африке и на Ближнем Востоке.

Технологии Authentix позволяют увидеть расхождения в качестве топлива и проводить проверки в полевых условиях, а также осуществлять лабораторные испытания и подтверждающий анализ.

Одним из интересных примеров из опыта Authentix стала работа с крупной нефтяной компанией, которая приобрела сеть АЗС другого продавца топлива, в результате чего ее активы увеличились до более чем 10 000 розничных точек в США. После приобретения возникла проблема смешения топлива разного качества в комбинированной цепочке поставок. Также высказывались опасения по поводу нехватки бензина на топливных терминалах в сети, что

В настоящее время в ряде стран применяются различные программы по борьбе с кражами топлива в национальном масштабе, злоупотреблением топливными субсидиями и утечками нефтепродуктов

давало оптовикам возможность заливать немаркированное топливо в грузовики [10].

Для решения проблемы Authentix применила комплексную методику проверки подлинности топлива с использованием основных технологий. Они включали масс-дифференцированные маркеры и газовую хроматографию – масс-спектрометрию (ГХ/МС), которая считается «золотым стандартом» в судебно-медицинской экспертизе. В итоге количество отказов снизилось на 7 %. Внедренное решение также привело к увеличению доходов за счет сокращения времени замены не фирменных продуктов.

Нефтяной терминал в Роттердаме
Источник: wallpapersplanet.net

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(160) / 2021

Рис. 4. Обеспечение безопасности непрерывной цепочки поставок топлива

Интеграция процессов маркировки топлива и контроля его качества в цепочку поставок, которую применяет Authentix, представлена на рис. 4 [11].

Как мы можем видеть из схемы, маркировка добавляется в топливо на этапе нефтепереработки и далее тестируется как на этапах транспортировки, так и непосредственно на АЗС. Если какой-то из образцов не проходит тестирование, он направляется в лабораторию Authentix для более детального изучения. Собранные данные аккумулируются в системе Axis, что позволяет анализировать работу системы в целом и вносить в нее необходимые корректировки.

По оценкам E&Y, ежегодный объем незаконной торговли топливом составляет 133 млрд долларов в год, и эта сумма продолжает расти. По другим оценкам, он превышает 150 млрд долларов в год

Сбор результатов проверок топлива на единой интеллектуальной платформе осуществляет и компания Cotecna. Инновационный метод тестирования, применяемый компанией, дает результаты всего за несколько минут и позволяет не только быстро выявить топливо, которое было подделано или поступило из нелегальных источников, но и дает возможность клиентам оперативно получить необходимую информацию [12].

Стандарты, применяемые при маркировке нефти и нефтепродуктов, на сегодняшний день наибольшее развитие нашли в США, где существует большое количество организаций, занимающихся данными вопросами.

В нефтегазовом секторе применяются стандарты Американского института нефти (API), Американского национального института стандартов (ANSI), Американского общества инженеров-механиков (ASME) и Международной организации по стандартизации (ISO).

Например, американская компания Automator работает в соответствии со стандартами и требованиями Американского института нефти (API). Automator проектирует, производит и предоставляет решения для создания устойчивой к условиям окружающей среды маркировки на буровых инструментах, датчиках и другом оборудовании.

Для моторных масел применяются международные стандарты качества API, ACEA, ILSAC и AAE, разработанные крупными экспертными организациями. Независимые испытания моторных масел также проводит Американский институт качества нефти (PQIA).

Информация о стандартах маркировки нефти и нефтепродуктов крайне скудная в силу того, что такая маркировка должна быть надежно защищена от любых возможных подделок. Поэтому компании, осуществляющие маркировку, в своих информационных материалах ограничиваются общими местами в описании технологий, методов и стандартов.

Маркировка и польза нефти и нефтепродуктов

По оценкам Ernst & Young, ежегодный объем незаконной торговли топливом составляет 133 млрд долларов в год, и эта сумма продолжает расти [13]. По другим оценкам, эта величина превышает 150 млрд долларов в год. Сюда входят прямые убытки для бюджетов стран, производителей и владельцев брендов, а также средства, выручаемые преступными группировками в процессе сбыта фальсифицированной, похищенной и низкокачественной продукции.

В России развито применение низкокачественного топлива, особенно это касается сельскохозяйственной техники – печное топливо взамен дизельного. В преимущественно аграрных регионах на АЗС смесь печного топлива с долей дизельного продается как неклассифицированное дизельное, естественно по сниженным ценам. В этом случае наряду с дополнительной нагрузкой на окружающую среду получаем еще и риски поломки транспортных средств, что, возможно, в том числе ведет и к росту дорожной аварийности.

Доказано, что программы маркировки топлива возвращают утраченные доходы правительствам и владельцам торговых марок, способствуют обеспечению безопасности цепочек поставок в будущем.

Многие развивающиеся страны, столкнувшиеся с проблемами в цепочках поставок топлива – такими как контрабанда, фальсификация и разбавление топлива, прямые кражи и т. п., разработали и реализуют государственные программы маркировки топлива. В качестве примера можно привести программу Филиппин, бюджет которых терял не менее 750 млн долларов ежегодно вследствие контрабандных поставок топлива из соседних стран с субсидируемым топливом [14].

В прессе описывались, например, такие «арбитражные» схемы [15].

Незаконный оборот топлива в мире достигает $133 млрд
Источник: autofed.ru

Автоцистерны из ОАЭ, где дизтопливо стоило в 15 (!) раз дешевле, чем в Саудовской Аравии, загружались на предприятиях КСА отработанными минеральными маслами и дизтопливом в пропорции примерно 1:7, причем документация оформлялась на полную партию масла; далее на территории ОАЭ дизтопливо отделялось от масла и поступало в сбытовые сети.

Похожие схемы работали и между Венесуэлой и граничащими странами, правда до усиления кризиса в экономике Боливарианской Республики.

Мошенничество с топливом также наносит непоправимый ущерб окружающей среде – некачественное топливо, примеси и побочные продукты (остатки того же отработанного масла) приводят к увеличению расхода топлива, увели-

Маркировка позволяет узнать, где и когда контрафакт попал в цепочку поставок, или определить незадекларированные объемы. Без нее легальность топлива можно проверить только по бумагам

чению выброса парниковых газов, загрязнению почв и водоемов сбросами отходов переработки, что ведет к дополнительной нагрузке на экосистемы [16]. Кроме того, некачественное топливо сокращает сроки службы транспортных средств и приводит к росту расходов на их обслуживание.

Можно отметить и начатую в 2016 году мексиканской компанией Pemex программу по борьбе с кражами топлива: маркерная технология реализована на 360 АЗС ее сети и результаты показали, что 148 станций не прошли анализ и подозревались в получении топлива сомнительного происхождения.

Маркировка топлива также помогает борьбе с коррупцией. Помимо разрушительного воздействия на качество государственных услуг и действенность правосудия, коррупция также отрицательно сказывается на легальном бизнесе. Компании и люди с наработанной репутацией не могут конкурировать с недобропорядочными участниками, поэтому рынок предоставлен теми, кто готов игнорировать законы. В результате экономика страдает из-за нехватки инвестиций, что в итоге способствует бедности, загрязнению окружающей среды и ухудшению здоровья большинства людей.

С топливной маркировкой становится возможным узнать, где и когда фальсифицированное топливо попало в цепочку поставок, или определить незадекларированные объемы поставок. Без маркировки легальность топлива можно проверить, только проследив документооборот, который не застрахован от подделок и влияния коррупционных механизмов. Добавляя маркер к топливу, правительства получают возможность работать с неизменным индикатором легальности данного продукта. Тестирование на наличие или отсутствие этого маркера предоставляет научные и достаточные для суда доказательства незаконной деятельности, в результате чего

Нефтяные хранилища в Сирии

Источник: riafan.ru

Незаконные врезки в нефтепроводы могут привести к локальным экологическим катастрофам

Источник: voanews.com

даже коррумпированным представителям власти будет очень трудно игнорировать фальсификацию топлива, контрабанду, подделки и подмены высокосортного топлива низкосортным.

Еще одним преимуществом программы маркировки топлива является ее положительное влияние на снижение терпимости к коррупции. Это часто упускается из виду. Поскольку программа маркировки топлива увеличивает риски обнаружения и повышает неотвратимость судебного наказания для преступников, она помогает вытеснять их с рынка, оставляя поле свободным для тех, кто готов вести дела открыто и честно. Таким образом, общее чувство справедливости возрастает, поскольку граждане знают, что правонарушители не уйдут от законного возмездия. Это дает дополнительную уверенность в том, что этичное ведение бизнеса будет выгодным, и в результате порочный круг коррупции, по крайней мере в этой отрасли, может быть разорван.

Контрабанда нефти имеет глобальный характер, финансовые потери от нее значительны и составляют десятки миллиардов долларов ежегодно.

Государства, субсидирующие топливо, несут убытки из-за того, что их горючее по низкой цене незаконно экспортируется в другие страны с преимущественно мировыми ценами. Например, страны с субсидиями на топливо, такие как Бангладеш, Индонезия и Малайзия, особенно уязвимы для финансовых потерь из-за относительно низких цен на дизельное топливо на внутреннем рынке. Более дешевое за счет субсидий топливо из этих государств контрабандным путем вывозится в другие страны (например, Филиппины), где цены держатся близко к мировым. Таким образом правительства лишаются выгод от программ субсидирования топлива, получая к тому же рост социальной напряженности среди домохозяйств, для которых и вводились программы субсидирования.

Государства, субсидирующие топливо, такие как Бангладеш, Индонезия и Малайзия, несут убытки из-за незаконного экспорта нефтепродуктов в соседние страны с преимущественно мировыми ценами

Фальсификация нефтепродуктов – одна из областей, которая доставляет массу проблем как потребителям, так и правительствам. Недобросовестные дельцы смешивают керосиновое масло с бензином и высокооктановым компонентом смеси (HOBC) и продают эту La Mélange Infernal как автотопливо. Керосин, как правило, не облагается налогом по сравнению с почти 40–50 % налогами на другие нефтепродукты, такие как бензин, дизельное топливо (HSD) и HOBC.

В Индии с этой проблемой пытается справиться Министерство нефти, пытающееся запустить программу маркировки

Отбор проб бензина
Источник: auto-virage.ru

топлива, чтобы снизить угрозу фальсификации, и в качестве первого шага планирует ввести «маркер топлива» в керосин местного производства [17].

Одним из способом борьбы с хищениями является «молекулярная маркировка» топлива. «Молекулярная маркировка топлива – это процесс нанесения уникального химического маркера на нефтепродукты, который, работая с высокой точностью, позволяет компаниям и правительственным чиновникам идентифицировать топливо и обнаруживать любые фальсификации или смешение. Это помогает бороться со многими видами преступной деятельности. Например, маркеры уклонения от уплаты налогов могут использоваться для определения топлива, которое субсидируется или освобождается от определенных налогов, или чтобы показать, что налоги были уплачены правильно», – поясняет вице-председатель швейцарской компании SICPA по борьбе с мошенничеством Эрик Бессон.

Подобные технологии были применены в различных странах мира с существенными результатами. Например, Гана применяет индикаторы более чем к 3 миллиардам литров топлива каждый год, что позволило ей сократить контрабанду бензина на 78 %, уменьшив потери на 10 миллионов долларов ежегодно по состоянию на 2013 год. По данным промышленности и правительства, Сербия сократила продажу сомнительного топлива на 75 процентов по состоянию на 2014 год, а Колумбия практически полностью решила проблему кражи нефтепродуктов.

Потребитель не может определить факт фальсификации или разбавления, поэтому становится необходимым использовать передовые технологии, такие как маркировка топлива, для борьбы с незаконной торговлей и кражами по всей цепочке поставок (производители, транспорт, хранилища, дистрибьюторы, АЗС).

Маркерные технологии показали свою эффективность в борьбе с незаконной торговлей; важно отметить, что они же предназначены не только для подтверждения законного происхождения топлива, но также используются в нескольких странах Европы и США как «знак качества», поскольку маркеры позволяют обнаруживать любые изменения в продукте, а также смешивать его с продуктом другой марки, что является основой нескольких программ защиты бренда.

Разработка систем управления, обнаружения и/или применения маркеров – непростая задача. Выбор подходящей молекулы подразумевает, что компания или группа компаний проводят встречи и определяют объем искомого, а также то, что компания, специализирующаяся на маркировке, выявляет наиболее надежную молекулу в соответствии с конкретными характеристиками маркируемых продуктов, а также лучшую систему обнаружения для определения возможности отслеживания каждой капли маркированного топлива. Эти типы действий могут быть разработаны совместно с правительствами для достижения лучших результатов.

Подобные программы маркировки топлива позволяют контролировать и сертифицировать все виды деятельности, связанные с производством, транспортировкой, хранением и распределением топлива. В случае выявления недобросовестных действий, после обработки полученных данных предоставляются объективные доказательства контролирующим и судебным органам.

Выводы

Внедрение и развитие технологий маркировки нефти и нефтепродуктов несомненно выглядит полезным и перспективным шагом для устойчивого и цивилизованного функционирования отрасли и рынка (в т. ч., и рынка ЕАЭС).

Мало того, что могут быть решены многие проблемы, связанные с фальсификацией, хищениями, незаконным оборотом продуктов, такие технологии будут также способствовать усилению брендов всех участников рынка нефти и нефтепродуктов, заслуживших высокую репутацию потребителей и партнеров, и не намеренных растерять ее вследствие неправомерных действий некоторых участников.

Разработка и исполнение корпоративных и государственной программ маркировки нефти и нефтепродуктов должно иметь значимый PR-эффект федерального и международного уровней, причем не только по признакам цивилизаторских инициатив ведения бизнеса, но и по признакам инновационности, разработки и внедрения высоких технологий и цифровизации бизнеса, что позитивно воспринимается и публикой и «сами понимаете кем».

Программы маркировки способствуют также развитию масштабных интеллектуальных систем обработки и анализа информации, поддержки управленческих решений; такие информсистемы становятся важной частью систем управления бизнесом, а качество управления уже напрямую играет на оздоровление общественных настроений, возвращает хотя бы часть утраченного в период пандемии оптимизма.

Так что государственные и корпоративные программы контроля топливных рынков посредством применения технологии маркировки просто необходимы, а их внедрение следует осуществлять уже в ближайшее время, с тем чтобы как можно быстрее распутать целый клубок стоящих перед отраслью проблем и заложить долгосрочные перспективы ее деятельности.

Использованные источники

1. *«Транснефть» задумалась о маркировке нефти для контроля за ее качеством, «Интерфакс». 04.03.2021 г.*
2. *Fuel Marking System, Allexis s. r. o. – URL: https://allexis.com/solutions/fuel-marking-system/*
3. *Программа маркеров, Сосьете Женераль де Сюрвейянс С. А. – URL: https://www.sgs.ru/ru-ru/oil-gas/downstream/distribution-and-retail/fuel-integrity-programs/marker-program*
4. *Маркеры для топлив, «Топливный регион». – URL: https://www.topreg.ru/stati-i-obzori/markeri-dlya-topliv*
5. *Supporting governments and companies in the fight against illicit trade of hydrocarbon products, SICPA. – URL: https://www.sicpa.com/solutions/oil-and-gas-integrity-management*
6. *Oil&Gas Marking, TraceTag International. – URL: http://www.tracetag.com*
7. *Определение качества и происхождения нефтепродуктов, ООО «ДИСПАК». – URL: http://dispak-brandprotection.ru/images/pdf/dispak-definition-of-quality-and-origin-of-oil-products-2017.pdf*
8. *Разработка способов и средств маркировки нефтепродуктов и сырой нефти, ЦНИТИ «Техномаш». 27.06.2016 г. – URL: https://cniti-technomash.ru/razrabotka-sposobov-i-sredstv-markirovki-nefteproduktov-i-syroj-nefti*
9. *Tracerco. – URL: https://www.tracerco.com*
10. *Major US Fuel Marketer Protects its Brand Promise and Revenue Stream, Authentix. – URL: https://authentix.com/brand-owners/branded-fuel-protection-programs/fuel-marking-programs-for-brands-case-study/*
11. *Government Fuel Integrity Programs, Authentix. – URL: https://authentix.com/wp-content/uploads/2019/10/Oil-and-Gas-Govt-Brochure-for-WEB.pdf*
12. *Fuel Integrity Programmes, Cotecna. – URL: https://www.cotecna.com/en/services/fuel-integrity*
13. *Government Fuel Integrity Programs, Authentix. – URL: https://authentix.com/wp-content/uploads/2019/10/Oil-and-Gas-Govt-Brochure-for-WEB.pdf*
14. *Fuel-Marking Programs: Helping Governments Raise Revenue, Combat Smuggling, and Improve the Environment, Asian Development Bank. – URL: https://www.adb.org/sites/default/files/publication/174773/governance-brief-24-fuel-marking-programs.pdf*
15. *Smugglers Selling Cheap Fuel in the UAE, Saudi Gazette. 11.04.2012 г.*
16. *Customs Raid Illegal Fuel Plants. BBC News. 06.02.2006 г.*
17. *Crushing petroleum products adulteration through fuel marking, Stop Fuel Smuggling. – URL: https://stopfuelsmuggling.com/crushing-petroleum-products-adulteration-fuel-marking*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2021 год можно через филиалы агентства «Урал-пресс», либо в ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. По вопросам подписки звонить по телефону +7-910-463-53-57. Стоимость подписки на полугодие (6 номеров) составит 10 700 рублей.
В каждом номере – аналитические обзоры, авторские колонки, материалы научного и научно-прикладного характера. Будь в курсе основных направлений развития ТЭК!

energypolicy.ru

НАШИ ПАРТНЕРЫ

ГАЗПРОМ НЕФТЬ | СТРЕМИМСЯ К БОЛЬШЕМУ!

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЗАРУБЕЖНЕФТЬ

ИНТЕР РАО ЕЭС энергия без границ

ПРОМСЫРЬЕИМПОРТ

СУЭК СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД TATNEFT

ISSN 2409-5516

Источник фото на обложке:
AlexSafronov / depositphotos.com