

ЖИЗНЬ ПОСЛЕ БЕНЗИНА



Быстрое развитие электромобилей и других видов альтернативного транспорта приведет к активному вытеснению двигателей внутреннего сгорания с автомобильных рынков. Это может произойти гораздо быстрее, чем прогнозирует большинство экспертов. Уже сегодня в ведущих странах мира растет число электромобилей, быстрыми темпами расширяется сеть зарядных станций, снижается стоимость аккумуляторных батарей, сокращается время заправки. Правительства ряда государств планируют полный отказ от двигателей внутреннего сгорания до 2035 года.

Поскольку транспортный сектор является крупнейшим потребителем нефтяного сырья, эта тенденция окажет сильное влияние на нефтегазовый комплекс. В первую очередь пострадают страны, чья экономика напрямую зависит от экспорта нефти и нефтепродуктов.

Чтобы минимизировать эти риски, России необходимо предпринять срочные меры по модернизации НПЗ. Речь идет о серьезной корректировке проекта Энергетической стратегии РФ до 2035 года, а также планов по модернизации нефтехимии. Требуется переориентация с выпуска моторных топлив на производство больших объемов сырья и полупродуктов для нефтехимии.

Последние 100 лет основной целью нефтеперерабатывающей отрасли было получение из сырой нефти моторных топлив для двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Соответственно, рост добычи нефти коррелировал с увеличением выпуска двигателей для автомобильной промышленности. Одна-

ко с развитием альтернативных двигателей для транспорта будут меняться цели и задачи, стоящие перед нефтяной отраслью. Это требует и корректировки энергетической политики нашей страны.

В настоящее время Минэнерго разработаны и представлены для обсуждения версии проекта Энергетической стратегии России на

МИХАИЛ ЛЕВИНБУК

Главный научный сотрудник
ИНХС РАН им. А.В. Топчиева,
Советник Генерального
директора АО «ВНИИ НП»

ВАСИЛИЙ КОТОВ

Инженер, экономист

период до 2035 года. Проект предусматривает следующие параметры: сохранение объема добычи нефти на весь период действия ЭС-2035, увеличение экспорта сырой нефти, снижение объемов переработки, увеличение глубины переработки благодаря вводу в эксплуатацию новых установок по облагораживанию целевых продуктов, сохранение объемов или увеличение производства моторных топлив.

Параметры ЭС-2035 базируются на постулате, что мировые цены на нефть будут расти до \$100/барр после 2020 года и сохранятся на этом уровне до 2035 года. Однако, в связи с ростом добычи нетрадиционной нефти и развитием альтернативных двигателей на автотранспорте, достижение этих показателей экономически сложно осуществимо в реальных условиях.

Новая цивилизация

Уровень развития цивилизации неразрывно связан с потреблением тех или иных энергоносителей. При этом в глобальном масштабе человечество стремится к декарбонизации энергетики, то есть к использованию более эффективной и экологически чистой энергии.

Так, на смену древесине в паровых двигателях сначала пришел уголь, затем наступила эра нефти. Для развитых стран мира сегодня характерны сдвиг в сторону большего потребления природного газа и, соответственно, масштабное замещение двигателей, работающих на углеводородном топливе (карбюраторный, ди-

зельный, реактивный) на газомоторные, электрические, а затем и водородные.

Известно, что чем меньше содержание углерода в углеводороде, тем большей энергоемкостью на единицу массы он обладает. Выход на новый технологический уровень в развитых странах будет обеспечиваться путем постепенного перехода от энергоносителя с преобладанием углерода к чистому водороду, а также к использованию возобновляемых источников энергии и атомной энергетики.

Ускоренное развитие альтернативного транспорта сегодня характерно в большей степени для стран, импортирующих нефть. Сокращение количества автомобилей с ДВС позволит им существенно снизить энергетическую зависимость от других государств, обеспечить положительное сальдо торгового баланса, повысить энергоэффективность, значительно улучшить экологическую обстановку в густонаселенных мегаполисах и в конечном итоге перейти на новый уровень цивилизационного развития.

Амбиции США

Развитие технологий добычи легкой сланцевой нефти позволило США уменьшить зависимость от стран-экспортеров нефти. Сегодня Америка находится в позиции win-win. При снижении мировых цен на нефть она выигрывает, увеличивая маржу нефтепереработки за счет дешевого импортного сырья. А при повышении цен — наращивает добычу собственной легкой нефти (сланцевой) нефти, сокращая зависимость от импорта и создавая при этом новые рабочие места.

Стоит отметить, что импорт нефти в США осуществляется из различных регионов мира, в зависимости от конфигурации установок заводов, а также экологических требований к качеству топлив в данных зонах. А легкая нефть из низкопроницаемых коллекторов (LTO, tight oil) может быть переработана на всех типах конфигураций американских НПЗ без проведения специальной дорогостоящей модернизации технологических установок. Это делает ее бо-

лее привлекательной по сравнению с импортируемым сырьем. Объемы добычи LTO можно быстро увеличить, что резко снизит ее себестоимость и цену.

Все это позволило США отказаться от внедрения на мировых рынках, совместно с легкой сланцевой нефтью, также и тяжелых битумных нефтей Канады. В 2015 году американцы ввели эмбарго на продолжение строительства нефтепровода Keystone XL из канадской провинции Альберта до побережья Мексиканского залива. Этот трубопровод позволили бы перебросить значительные объемы тяжелых, но более дешевых нефтей на рынки стран Латинской Америки.

Иными словами, по мере снижения себестоимости добычи нефти из плотных пород и роста ее производства происходит ценное вытеснение с рынка США нефтей, импортируемых из стран Западной Африки, Европы, Латинской Америки и даже дружественной Канады (см. «*Замещение импортируемой в США нефти из различных регионов мира*»).

Очевидно, что освободившиеся объемы сырья из этих государств составят серьезную конкуренцию российской нефти на мировых рынках. В таком случае наша страна рискует потерять не только финансовые доходы от снижения мировых цен на нефть, но также и физические объемы добычи из-за сужения рынков сбыта.

Однако в США не менее 70% потребляемой нефти приходится на постоянно растущий транспортный сектор. Поэтому уве-

личение добычи LTO позволит обеспечить спрос на моторные топлива только в краткосрочной и среднесрочной перспективе. А в будущем эту проблему можно решить лишь путем замены ДВС на электродвигатель или же на водородный и гибридный двигатели. Получать энергию для них можно различными способами (за счет природного газа, угля, ВИЭ, атомной энергии, водорода), тогда как для ДВС единственным источником является сырая нефть.

С развитием альтернативных двигателей для транспорта будут меняться цели и задачи, стоящие перед нефтяной отраслью. Это требует и корректировки энергетической политики России

При этом нефть, обладающая исключительными физико-химическими свойствами, должна занять принадлежащую ей по праву нишу, о которой мечтал великий

В глобальном масштабе человечество стремится к декарбонизации энергетики, то есть к использованию более эффективной и экологически чистой энергии

российский химик Д.В.Менделеев. Надо не сжигать нефть в двигателях или на электростанциях, а получать из нее больше товаров с высокой добавленной стоимостью, то есть продуктов нефтехимии.

Классификация автотранспорта

ICE (ДВС) — классический автомобиль с двигателем внутреннего сгорания, работающий на моторном топливе.

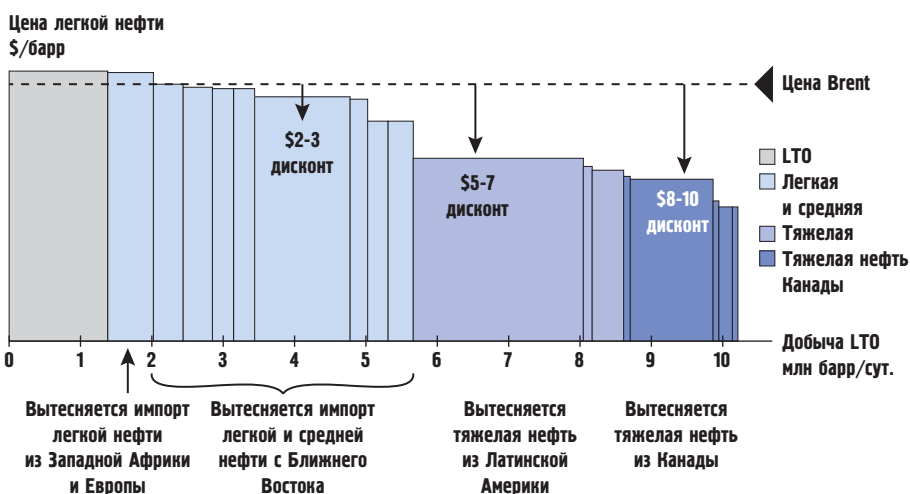
HEV (hybrid electric vehicle) — гибридный автомобиль с ДВС и электрическим двигателем (ЭД). При этом ЭД работает от батареи, подзаряжаемой только от ДВС на моторном топливе.

PHEV (plug-in hybrid electric vehicle) — гибридный автомобиль с ДВС и ЭД с возможностью подзарядки батареи как от ДВС, так и от внешнего источника электрического питания.

BEV (battery electric vehicle) — электромобиль без ДВС, работающий на батареях с возможностью подзарядки только от внешнего источника электрического питания.

FCEV (fuel cell electric vehicle) — электромобиль без ДВС с топливными элементами (ТЭ), работающими на водородном топливе в двух режимах (полного и частичного окисления водорода в двигателе с получением различного соотношения тепла, воды и электричества).

Замещение импортируемой в США нефти из различных регионов мира при росте собственной добычи легкой нефти (LTO, tight oil)



Источник: IEA, McKinsey Energy Insights

Развитие «альтернативы»

Сегодня в мире существует несколько основных видов автомобильного транспорта (см. «Классификация автотранспорта»). Безусловным преимуществом электродвигателя является высо-

Одним из факторов постепенного увеличения доли альтернативного транспорта на мировом автомобильном рынке служит ужесточение экологических норм

кий коэффициент полезного действия (см. «Сравнение КПД автомобилей с ДВС и электродвигате-

лем»). Такое преимущество обеспечивается за счет незначительных, по сравнению с ДВС, потерь в мощности, а также отсутствия потерь холостого хода. В итоге у электромобилей передается на ось 76% энергии по сравнению с 13% у автомобиля с ДВС.

По данным Массачусетского технологического института, эффективность электромобилей при расчетах «от скважины до колеса» (well-to-wheel) выше, чем у классического ДВС, — 23% против 10%, соответственно. К преимуществам электродвигателей также можно отнести простоту конструкции, высокую надежность, бесшумность, легкость в управлении и меньшие затраты на обслуживание.

Одним из факторов постепенного увеличения доли альтернативного транспорта на мировом автомобильном рынке служит ужесточение экологических норм. Крупнейшие страны-потребители нефти (США, Китай, Европа) планируют значительно снизить уровень выбросов диоксида углерода для легковых автомобилей. При этом в густонаселенной Европе изначально установлены более низкие требования.

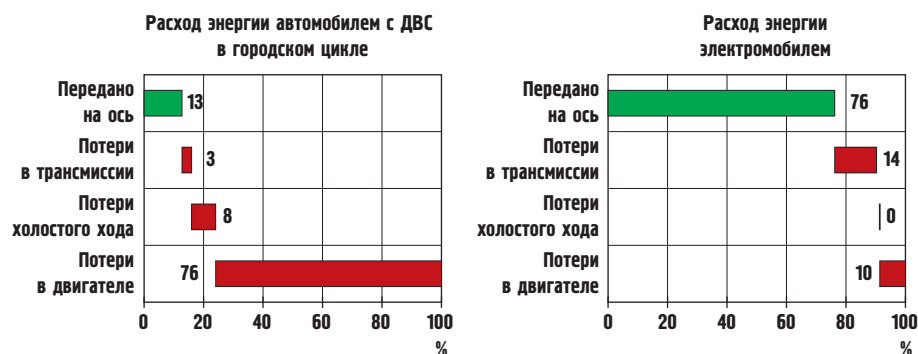
Электромобили в этом плане являются идеальным решением для крупных городов. При использовании аккумуляторных батарей вредные выхлопы отсутствуют вообще, а при применении ТЭ основные «выхлопы» — водяной пар и тепло.

Безусловно, возникает вопрос о экологической безопасности источников электроэнергии, необходимой для электромобилей. Здесь возможны варианты. При использовании ветровых электростанций выбросы CO₂ — нулевые, газового топлива — 50 г/км, в то время как в случае с классическим ДВС они достигают 130 г/км. При применении угольного топлива для электростанций выбросы также составят 130 г/км, однако их источник переносится из крупных городов на места расположения энергетических объектов.

Следующим важным фактором на пути перехода к массовому использованию альтернативного транспорта является развитие соответствующей инфраструктуры. Для электродвигателей с аккумуляторными батареями нужна сеть зарядных станций, среднее расстояние между которыми можно варьировать в зависимости от емкости батарей. А для электромобилей с топливными элементами на водородном топливе (FCEV) имеются технологические ограничения, связанные с производством, хранением и транспортировкой водорода.

Число электростанций в мире растет в геометрической прогрессии. Например, компания Tesla Motors с февраля 2013 года по сентябрь 2015 года увеличила количество источников для подзарядки электромобилей с 69 до 1346. Причем для владельцев электромобилей Tesla

Сравнение КПД автомобилей с ДВС и электродвигателем



Источник: MIT, Энергетический центр Сколково

Инфраструктура разных типов зарядочных станций

Источник энергии	Бензин/дизель	Водород	Аккумулятор		
Тип автомобиля	ICE, HEV, PHEV	FCEV	PHEV, BEV	BEV (со специальной функцией)	BEV (со специальной функцией)
Описание	Классическая заправка бензином или дизелем	Заправка водородом (похожа на заправку метаном)	Зарядка на электроза-рядной станции при помощи кабеля	Замена на батарею с полной зарядкой на специальной станции	Беспроводная зарядка аккумулятора
Необходимое время	5 мин.	5 мин.	4–8 ч. (долгая) 20–30 мин. (быстрая)	2 мин.	2–8 ч.

Источник: Europa, Fuel Cell Today

Motors зарядка на станциях этой компании осуществляется пока бесплатно.

Подобные станции активно устанавливаются также автогиганты Ford, Nissan, GM и др. В результате в Северной Америке уже можно проехать на BEV с восточного побережья до западного. Идет развитие зарядных станций в Европе и Азии (Китай, Япония).

Важную роль играет время подзарядки аккумуляторов. В настоящее время только авто на водородном топливе практически не отличается по длительности зарядки от автомобиля с ДВС. Однако производители электромобилей решают данную проблему путем улучшения характеристик аккумуляторов. Рассматривается также вариант быстрой замены разряженного аккумулятора на заряженный (см. «Инфраструктура разных типов зарядочных станций»).

Кроме того, необходимо учитывать развитие инфраструктуры для передвижения беспилотных автомобилей. Крупнейшие автопроизводители вкладывают огромные средства в такие технологии, которые в будущем решат проблемы безопасности на дорогах и управления транспортным потоком. Так, Tesla Motors планирует в 2017 году провести показательный автопробег из Лос-Анджелеса до Нью-Йорка на беспилотном электромобиле. Именно электромобиль станет главным драйвером для развития технологий беспилотного управления.

Рынок электромобилей

Сегодня доля продаж альтернативного транспорта на мировом рынке составляет не более 3%. При этом различные исследо-

вания показывают, что это соотношение будет увеличиваться в пользу электромобилей. Основным рост продаж BEV и PHEV будет наблюдаться в Китае и США.

Такие тенденции можно скептически списать на рост интереса к новому продукту. Однако это скорее результат спланированных мероприятий по развитию альтернативного транспорта. В передовых странах действуют программы финансовой поддержки производителей и покупателей электромобилей.

На государственном уровне существуют также различные инициативы по расширению электроза-рядной инфраструктуры и ограничению продаж автомобилей с ДВС. Например, Госсовет Китая в 2015 году поставил цель обеспечить инфраструктуру на 5 млн электромобилей уже к 2020 году. В 2017 году китайцы планируют выпустить новые универсальные стандарты для электроза-рядных станций.

В свою очередь, правительство Германии обратилось к руководству ЕС с предложением запретить к 2030 году продажу на территории ЕС автомобилей с ДВС. При этом в Норвегии и Нидерландах рассматривают возможность ввода таких ограничений к 2025 и 2035 году, соответственно.

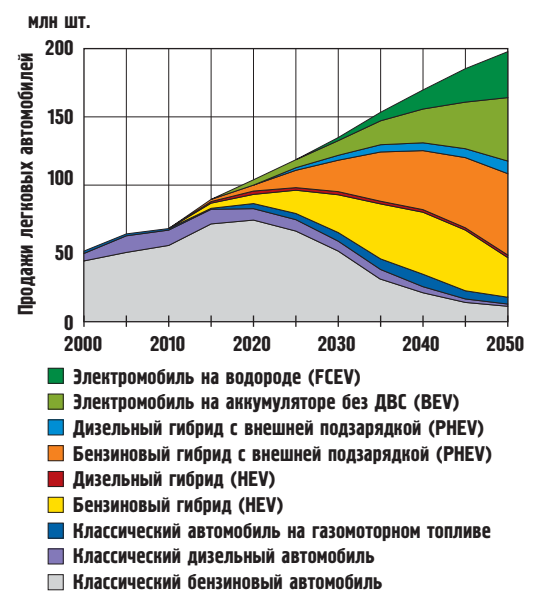
По расчетам МЭА, проведенным в 2011 году, доля легковых автомобилей с ДВС на мировом рынке в 2050 году составит не более 10% (см. «Прогноз развития мирового рынка легковых автомобилей»). Причем спад их продаж начнется уже после 2020 года. Соответственно, в то же время будет наблюдаться существенный рост реализации альтернативных авто с различными конфигурациями двигателей. В каких

конкретно странах останутся доминировать автомобили на моторном топливе, спрогнозировать сейчас сложно, но скорее всего это будет государства с неразвитой экономикой и отсутствием господдержки для альтернативного транспорта.

Именно электромобиль станет главным драйвером для развития технологий беспилотного управления

Происходит заметный технический прогресс и в сфере аккумуляторов для электромобилей. За последние пять лет цена кВт*ч литий-ионных батарей упала на 65%, достигнув \$350. По данным Bloomberg New Energy Finance, к 2030

Прогноз развития мирового рынка легковых автомобилей



Источник: EIA

году она может снизиться до \$120. При этом прогнозируется, что к 2040 году EV будут потреблять около 1900 ТВт^ч электроэнергии, что эквивалентно 10% сгенерированной человечеством электроэнергии в 2015 году. Что станет источником для обеспечения EV электроэнергией? Вероятно, возобновляемая энергетика, природный газ и атомные станции.

В передовых странах действуют программы финансовой поддержки производителей и покупателей электромобилей

В процессе развития альтернативного транспорта каждый из типов новых автомобилей будет играть свою роль. Так, HEV обеспечат снижение потребления моторных топлив, PHEV дадут импульс к развитию электроразрядной инфраструктуре, BEV исключат из потребления альтернативным транспортом моторные топлива, FCEV станут прологом к развитию водородной энергетики.

Будущее за нефтехимией

Как отмечалось выше, уровень потребления нефти в мире напрямую связан со спросом на нее транспортного сектора. Снижение доли ДВС в структуре автотранспорта (а в последствии и полный

Возникают значительные экономические и технологические риски для российского нефтеперерабатывающего комплекса, на модернизацию которого были потрачены миллиарды рублей

отказ от данных типов двигателей в развитых странах) отразится на нефтяной промышленности. Произойдет существенное уменьшение добычи и потребления сырой нефти. Такие изменения приведут к значительному сокращению числа рабочих мест в нефтедобыче и первичной нефтепереработке (но есть перспектива их роста в нефтехимическом секторе).

Выходы продуктов для установок DCC (или CPP), FCC и парового крекинга

Выход продуктов, % масс.	FCC	DCC (или CPP)	Паровой крекинг
Водород	0,1	0,2	0,6
Сухой газ (C ₁ -C ₂)	3,5	11,0	44,0
СУГ (LPG)	26,5	42,5	25,7
Олефины C ₂	1,2	5,5	28,2
Олефины C ₃	8,5	19,5	15,0
Олефины C ₄	8,5	13,5	4,1
Нафта	41,8	26,5	19,3
Легкий газойль	14,5	9,5	4,7
Тяжелый газойль	8,4	4,3	5,7
Кокс	5,2	6,0	-

Источник: Advances in Fluid Catalytic Cracking, составлено авторами

Возможно, с учетом тенденции развития электромобилей на аккумуляторных батареях и водороде, роль нефти в мировом потреблении будет уменьшаться еще быстрее, чем это представлено в вышеуказанных прогнозах. Основным вопросом сегодня стоит в масштабировании имеющихся технологий и инфраструктуры.

В этой связи возникают значительные экономические и технологические риски для российского нефтеперерабатывающего комплекса, на модернизацию которого за последние годы были потрачены миллиарды рублей. Поэтому необходимо пересмотреть структурные схемы действующих НПЗ с целью увеличения производства сырья для нефтехимии (на случай снижения спроса на моторные топлива).

Применение процесса жидкого каталитического крекинга (FCC) и разработанных на его основе процессов глубокого каталитического крекинга (DCC) и каталитического пиролиза (CPP) позволяют увеличить выход продуктов, используемых в качестве сырья нефтехимии. Так, DCC дает самый высокий выход пропилена — 15–20% масс. в зависимости от вида сырья и операционных условий (см. «Выходы продуктов для установок DCC, FCC и парового крекинга»).

Следует отметить, что в России получили большее развитие технологии нефтепереработки, нежели нефтехимии. В нефтехимической промышленности все еще преобладают зарубежные технологии и катализаторы. Поэтому весь научный потенциал России должен быть направлен

на импортозамещение в области нефтехимии.

Значительного успеха можно достичь за счет интеграции нефтепереработки и нефтехимии. Такие интегрированные комплексы позволяют повысить рентабельность активов благодаря снижению эксплуатационных расходов и гибкости использования сырья. Мировой опыт показывает, что синергетический эффект от интеграции нефтехимического и нефтеперерабатывающего комплекса дает экономию в сотни миллионов долларов в год. Сегодня все крупные интеграционные проекты осуществляются преимущественно в странах Персидского залива. Причем они направлены на производство не моторных топлив, а сырья и продуктов нефтехимии.

Интегрированные комплексы можно разделить на три категории. Необходимо отметить, что выбор соответствующих технологий и операционных моделей зависит от особенностей конкретных НПЗ и НХК (см. «Категории интеграции нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплекса»).

Сегодня Россия обладает важным преимуществом в области нефтехимии — дешевым сырьем. В условиях глобальной конкуренции и возможных изменений на автомобильном рынке главной задачей нефтеперерабатывающего комплекса должно стать получение высококачественных полупродуктов в качестве сырья для нефтехимии.

Роль науки

Описанные выше перспективы развития альтернативного транс-

Категории интеграции нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплекса

Категории интеграции	Описание
Интеграция от низкого до умеренного уровня	Доля нефтехимических продуктов составляет около 5–10% от общей валовой выработки
Высокий уровень интеграции	Доля нефтехимических продуктов составляет около 10–15%
НПЗ нефтехимического профиля	Доля нефтехимических продуктов достигает 40–50%. Данные комплексы производят значительное количество нефтехимических продуктов в сравнении с топливом

Источник: Глобальный отчет по интеграции в сфере нефтепереработки и нефтехимии

порта могут иметь печальные последствия для экономики государств, зависящих от экспорта нефти. «Новая автомобильная революция» станет болезненной для тех, кто не готов к подобного рода технологическим вызовам. Самое главное, что такие преобразования будут иметь необратимый характер. Их итогом станет кардинальное изменение мировой нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.

Устойчивое развитие и переход в новое цивилизационное пространство возможны лишь при ответственном участии государства и бизнеса. При учете долгосрочных интересов страны в целом, а не краткосрочных интересов отдельных групп и компаний.

Россия сегодня отстает от лидирующих стран по экспорту продукции и технологий наукоемких производств. Разрыв по некоторым отраслям исчисляется в сотни раз. Отчасти такое отставание связано с недостаточностью финансирования НИОКР и отсутствием четкой политики в области развития технологий будущего. Так, Китай в последние годы обогнал по инвестициям в НИОКР страны ЕС. Это позволяет ему перейти из ранга страны-производителя товаров для обеспечения ведущих экономик мира в число государств-лидеров в области высокотехнологичных производств.

Задачи России должны быть не менее амбициозными, чем у Китая. Например, наличие огромной ресурсной базы углеводородов и научного потенциала в сфере нефтехимии может стать важнейшим преимуществом для нашей страны.

При этом в России необходимо построить новую цепочку разработки технологий, основанную на принципе «от идеи до реализации», а не на быстром воспроизводстве уже известных патентов. Импортозамещение означает, в

первую очередь, опережающее развитие технологий, а не догоняющие изобретения и разработки. В противном случае происходит неразумное расходование средств. В нефтегазовой отрасли пока есть соответствующий человеческий потенциал, который обладает идеями, и возможностями их практической реализации.

Что делать?

Подводя итоги, дадим ряд рекомендаций, которые важно учесть при разработке стратегий развития нефтегазового комплекса в масштабах страны и отдельных компаний.

Внедрение в ближайшие годы альтернативного транспорта обусловит постепенное сокращение мировых объемов добычи и переработки нефти, а также снижение цен на нефть на длительный период. В этой связи возможно значительное уменьшение выручки от экспорта нефтяного сырья и полупродуктов из России.

Сокращение потребления бензина и дизельного топлива в транспортном секторе должно привести к пересмотру программы модернизации нефтеперерабатывающих комплексов в РФ. Необходимо оформить расчетным путем новую стратегию развития нефтепереработки и нефтехимии России. Кроме того, необходимо проанализировать варианты модификации современных технологических установок (таких как FCC и гидрокрекинг).

Проект ЭС-2035 также должен быть тщательно скорректирован с учетом конкуренции между альтернативными двигателями и двигателями ДВС. Следует принять новую расчетную схему по объемам добычи, транспортировки, экспорта и переработки сырой нефти на ближайшие 20 лет. С учетом описанных рисков для нефтяной промышленности реализация ЭС-2035 из

расчета высоких цен на нефть может стать невыполнимой задачей.

Следует проанализировать экономическую эффективность добычи и транспортировки нефти с арктических шельфов и других труднодоступных месторождений УВ.

Нефтяные компании при этом должны стать энергетическими — за счет развития новых направлений деятельности в энергетике.

Проект ЭС-2035 также должен быть тщательно скорректирован с учетом конкуренции между альтернативными двигателями и двигателями ДВС

Рекомендуется провести корректировку экономического инструмента модернизации НПЗ. Необходим переход от доминирования частной собственности на объекты модернизации к смешанной. При этом к частной собственности надо отнести объекты с коротким сроком возврата инвестиций, а к госсобственности — с длительным. Это позволит улучшить конкурентную среду, а также значительно снизит затраты на модернизационные мероприятия.

Режим секторальных санкций пока не распространяется в полной мере на оборудование для НГК. Однако сценарий ужесточения санкций исключать нельзя. Поэтому необходимо провести полный аудит существующего импортного нефтегазового оборудования на соответствие требованиям промышленной и экологической безопасности. При ужесточении санкций возможен также сценарий мобилизационной экономики для ускоренного развития внутреннего рынка России.

Новым девизом нефтяной отрасли РФ должен стать: импортозамещение оборудования и технологий, а также «экспортозамещение» нефти на продукты нефтехимии с высокой добавленной стоимостью. 