

М.И. ЛЕВИНБУК, д-р техн. наук, **О.Ф. ГЛАГОЛЕВА**, д-р техн. наук, **В.Н. КОТОВ**
 (Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН),
 г. Москва, Россия;
 Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Москва, Россия)

О необходимости корректировки проекта Энергетической стратегии России в условиях доминирования добычи лёгкой нефти в США и переходе к альтернативным двигателям на автотранспорте

Последние 100 лет основной целью нефтеперерабатывающей отрасли было получение из сырой нефти моторных топлив для двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Соответственно, рост добычи нефти симбатно коррелировал с ростом выпуска двигателей для автомобильной промышленности. Однако с развитием альтернативных двигателей для транспорта будут меняться цели и задачи, стоящие перед нефтяной отраслью. В данной статье проанализированы некоторые тенденции при изменении рынка углеводородного сырья и нефтепродуктов, а также проблемы, которые нефтяная отрасль должна решить в среднесрочной и долгосрочной перспективах.

Проект новой Энергетической стратегии России

В настоящее время в Минэнерго России разработаны и представлены для обсуждения в учреждениях нефтегазового комплекса версии проекта «Энергетической стратегии России на период до 2035 г.» (далее ЭС-2035), выполнение которой возможно при следующих параметрах [1]:

- сохранение объёма добычи сырой нефти на весь период действия Энергетической стратегии (в том числе за счёт роста добычи трудноизвлекаемой нефти);
- рост экспорта сырой нефти;
- снижение объёмов переработки нефти;
- углубление переработки нефти за счёт ввода в эксплуатацию новых установок по обогащению вторичных углеводородов;
- сохранение или увеличение производства моторных топлив.

Экономическая эффективность параметров ЭС-2035 базируется на постулате, что мировые цены на нефть будут расти до 100 \$/барр после 2020 г. и останутся без существенных изменений в течение всего срока до 2035 г. Как будет показано ниже, достижение данных показателей экономически сложно осуществимо в реальных условиях добычи нетрадиционной нефти

и развитии альтернативных двигателей на автотранспорте.

Переход в «новое цивилизационное пространство» при максимальном использовании различных энергоносителей в энергоэффективных странах мира

Уровень развития цивилизации неразрывно связан с потреблением тех или иных энергоносителей. При этом в глобальном масштабе человечество стремится к большей декарбонизации энергоносителей, что обусловлено необходимостью использования более эффективного и экологичного получения и потребления энергии наряду с развитием технологий. Использование различных энергоносителей связано также со скоростью обмена информацией между людьми, что подразумевает необходимость применения всё более развитых и дешёвых транспортных и коммуникативных средств. Таким образом, развитие энергоносителей (в первую очередь транспортных) позволяет человечеству постоянно переходить в «новое цивилизационное пространство» и создавать новую инфраструктуру для инновационной деятельности.

Так, на смену древесине в паровых двигателях сначала пришёл уголь, затем наступила «эра нефти» [2] (рис. 1). Для следующего этапа в энергопотреблении развитых стран мира характерен сдвиг в сторону большего потребления природного газа, а также постепенный переход на газовые энергоносители и, соответственно, масштабное замещение двигателей, работающих на углеводородном топливе (карбюраторный, дизельный, реактивный), на газомоторный, электрический, а затем и водородный.

Известно, что чем меньше содержание углерода в углеводороде, тем большей энергоёмкостью на единицу массы он обладает. Переход на новый технологический уровень будет обеспечиваться в развитых странах путём постепенного перехода от энергоносителя с преобладанием углерода к чистому водороду, а также использованию возобновляемых источников энергии и атомной энергетики, как вспомогательного звена для снижения себестоимости высокотемпературных процессов получения чистого водорода.

Современные тенденции по ускоренному развитию альтернативного транспорта вместо ДВС характерны, в большей степени, для стран, импортирующих нефть. Снижение количества автомобилей на ДВС позволит этим странам решить следующие задачи: • существенно снизить энергетическую зависимость от других государств; • улучшить сальдо торгового баланса; • повысить энергоэффективность; • значительно улучшить экологическую обстановку в густонаселённых мегаполисах и в итоге перейти на новый уровень «цивилизационного развития», как это показано на рис. 1. При этом главным фактором «новой цивилизации» станет более высокий уровень жизни людей, который будет характеризоваться следующими показателями: в первую очередь • благоприятными экологическими условиями; • наличием новых видов

транспорта для комфортной доставки людей в места их проживания и трудовой деятельности; • существенным изменением ландшафтной и социальной инфраструктуры с учётом развития преимущественно информационных технологий.

США: корректировка внутренней добычи/импорта лёгкой нефти в зависимости от изменения цен на нефть внутри страны и на внешних рынках

Рост количества технологий добычи лёгкой сланцевой нефти и объёмов трудноизвлекаемой нефти в США и Канаде [3, 4] позволил американцам не только управлять мировыми ценами на нефть, но также снизил энергетическую зависимость от других стран-экспортёров нефти. В складывающейся сегодня ситуации США находятся в позиции «win-win». При снижении мировых цен на нефть они выигрывают, благодаря более дешёвой импортируемой нефти, увеличивая маржу нефтепереработки за счёт дешёвого импортного сырья (Brent); при повышении цен – наращивают добычу собственной лёгкой по составу нефти (сланцевой), сокращая зависимость от импорта сырой нефти и создавая при этом новые рабочие места для граждан своей страны.

Стоит отметить, что в США импорт нефтей определённого качества осуществляется из различных регионов мира по 5 зонам (PADD) в зависимости от конфигурации установок заводов, а также экологических требований по качеству топлив в данных зонах (рис. 2). Лёгкая нефть из низкопроницаемых коллекторов (LTO, tight oil) может быть переработана на всех типах конфигураций американских НПЗ без проведения отдельной дорогостоящей модернизации технологических установок, что делает её конкурентной по сравнению с импортируемой в США нефтью из других стран. Объём добычи LTO может быть быстро увеличен, что резко снижает её себестоимость и, соответственно, снижается её конкурентная отпускная цена как в Америке, так и на мировых торговых площадках.

Всё это позволило США отказаться от совместных конкурентных шагов по внедрению на мировых рынках совместно с лёгкой сланцевой нефтью также и тяжёлых битумных нефтей Канады. В 2015 г. американцы ввели эмбарго на продолжение строительства нефтепровода Keystone XL из канадской

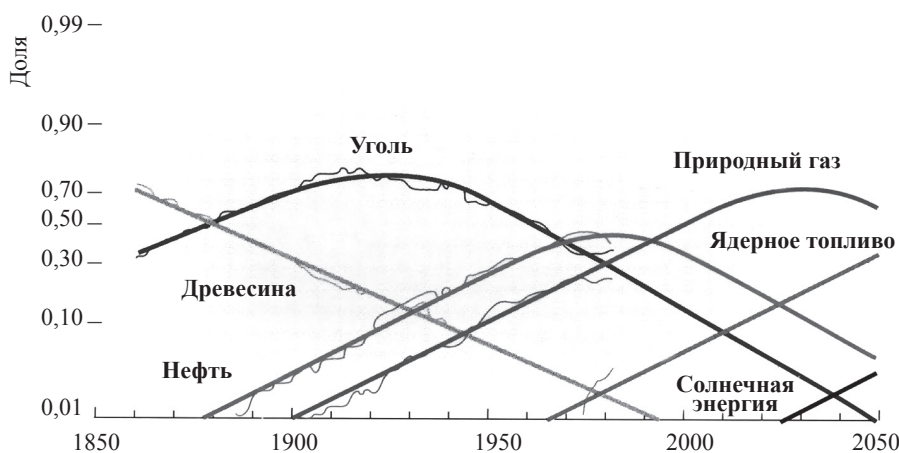


Рис. 1. Доминирование отдельных видов энергоносителей в различные периоды развития человеческого общества

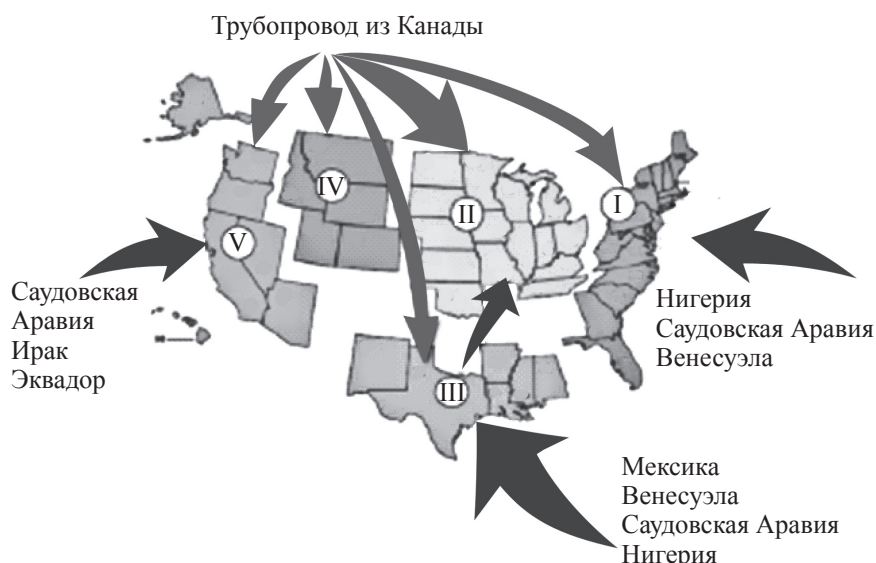


Рис. 2. Распределение импорта нефти в США из различных стран мира по пяти экологическим округам, 2007 г.

провинции Альберта до побережья Мексиканского залива, что позволило бы перебросить значительные объёмы тяжёлых, но более дешёвых нефтей на рынки стран Латинской Америки.

Так, например, сокращение импорта традиционной нефти в США (сорта Brent) способно изменить цены на мировых рынках энергоресурсов. При снижении себестоимости добычи нефти из плотных пород и одновременном росте объёмов её добычи происходит ценовое вытеснение с рынка США импортируемых нефтей из стран Западной Африки, Европы, Латинской

Америки и даже дружественной Канады (рис. 3). Очевидно, что освободившиеся объёмы нефти из этих стран составят на мировых рынках серьёзную конкуренцию российской нефти. В таком случае наша страна рискует потерять не только финансовые доходы от ещё большего снижения мировых цен на нефть, но также и физические объёмы добываемой сырой нефти из-за потери части рынков сбыта.

Однако то, что на транспортный сектор в США приходится не менее 70% от уровня добычи и потребления нефти (рис. 4), даёт американцам возможность решить проблемы роста потребности в моторных топливах только в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Получается, что

в будущем решить транспортный вопрос возможно лишь путём изменения той самой «константы», потребляющей (сжигающей) основную часть добытого «чёрного золота». А именно, **путем замены ДВС на электродвигатель или на водородный и гибридный двигатели**, получение энергии для которых имеет больше вариантов (природный газ, уголь, возобновляемая энергетика, атомная энергия, водород), чем для современного автотранспорта на ДВС, единственным источником энергии которого является только сырая нефть.

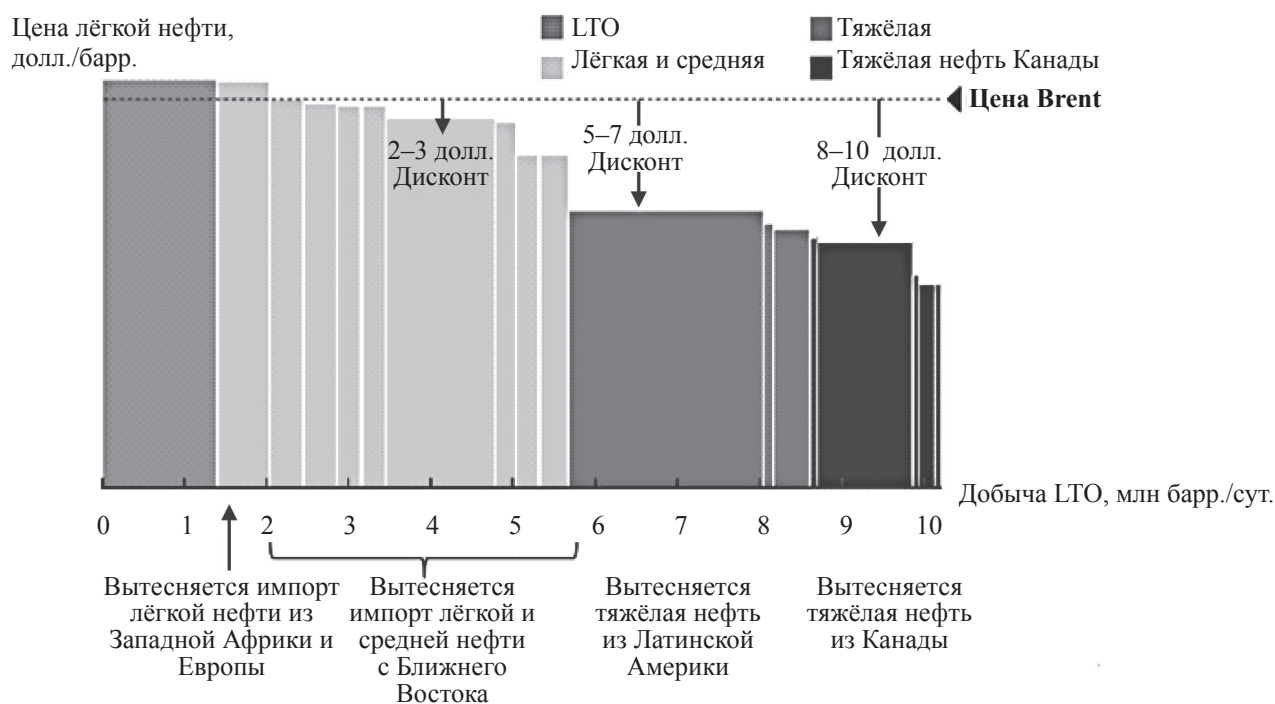


Рис. 3. Замещение импортируемой в США нефти из различных регионов мира при росте собственной добычи лёгкой нефти (LTO, tight oil) / Источник: IEA, McKinsey Energy Insights

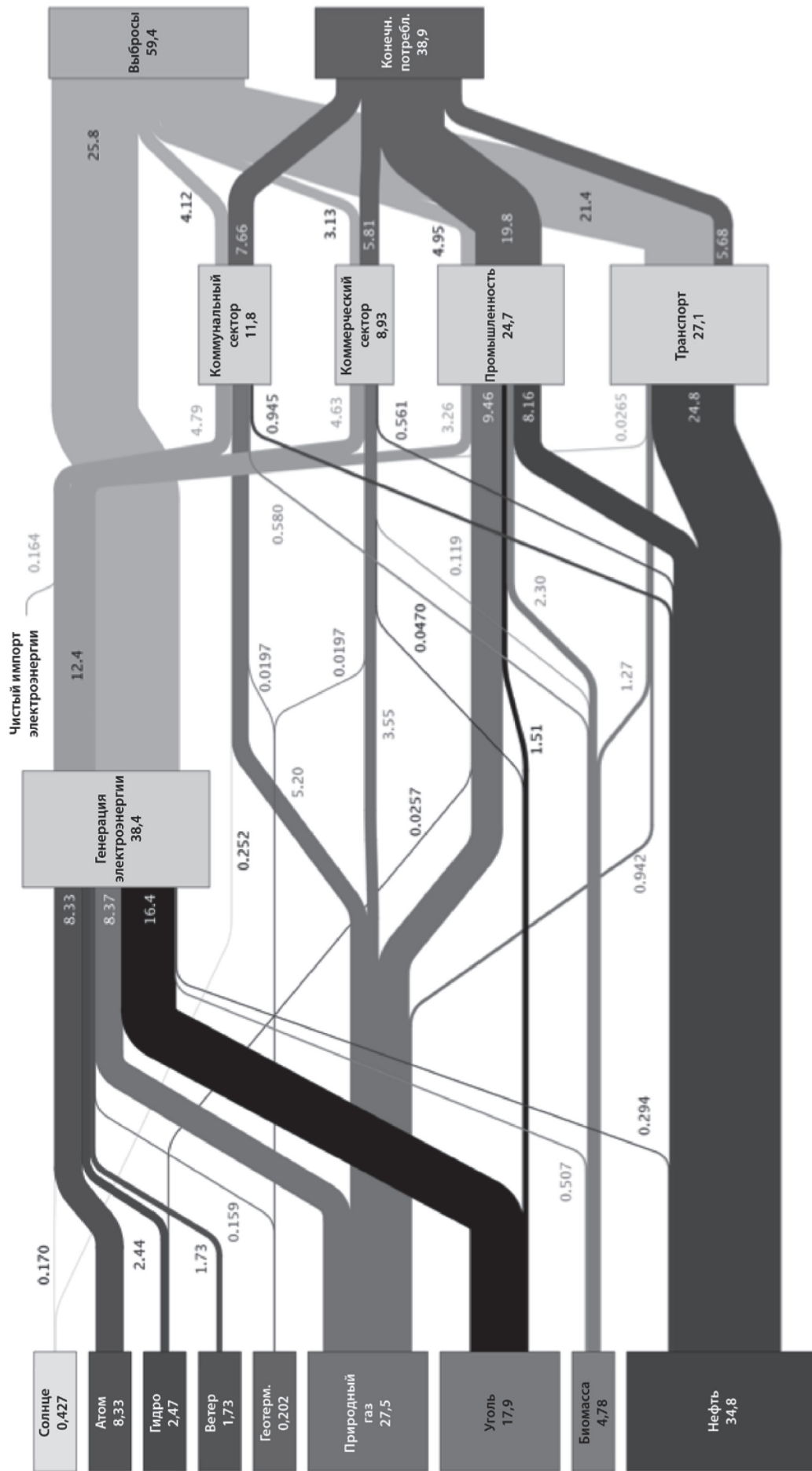


Рис. 4. Использование различных источников энергии в США по секторам (в квадриллионах БТЕ)

При этом нефть, характеризующаяся исключительными физико-химическими свойствами, должна занять принадлежащую ей по праву нишу, о которой мечтал великий российский химик Д.В. Менделеев, а именно – **не сжигать нефть в двигателях или на электростанциях, а получать из неё больше товаров с высокой добавленной стоимостью, т.е. продуктов нефтехимии.** Всё это способствовало поиску и развитию альтернативных существующим ДВС двигателей в автотранспорте.

Развитие альтернативного автотранспорта

На рис. 5 приведены сравнительные характеристики различных типов альтернативного транспорта в зависимости конфигурации двигателя и источника энергии.

КПД и экологический фактор автомобильных двигателей

Безусловным преимуществом электродвигателя (ЭД) по сравнению с ДВС является более высокий коэффициент полезного действия (КПД) (табл. 1). Такое преимущество обеспечивается путём незначительных, по сравнению с ДВС, потерь в двигателе, а также отсутствием потерь холостого хода. В итоге

у электромобилей передается на ось 76% энергии, у автомобиля с ДВС – 13% [5].

1. Сравнение КПД автомобилей с ДВС и электродвигателем / Источник: МИТ, Энергетический центр Сколково

Расход энергии, %	Автомобиль с ДВС (в городском цикле)	Электромобиль (EV)
Передано на ось	13	76
Потери в трансмиссии	3	14
Потери холостого хода	8	–
Потери в двигателе	76	10
Итого	100	100

По данным Массачусетского технологического института эффективность электромобиля при расчётах «от скважины до колеса» (well-to-wheel) показывает более высокие результаты по сравнению с жидким топливом для ДВС [5] (рис. 6). Основное преимущество достигается за счёт эффективности двигателя электромобиля. К преимуществам электродвигателей также можно отнести простоту конструкции, высокую надёжность, бесшумность, лёгкость в управлении и меньшие затраты на обслуживание.

Одним из факторов постепенного увеличения доли альтернативного транспорта на мировом автомо-

ICE (ДВС)



Классический автомобиль с двигателем внутреннего сгорания, работающий на моторном топливе.

HEV (hybrid electric vehicle)



Гибридный автомобиль с ДВС и электрическим двигателем (ЭД) с возможностью работы ЭД 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.

ТИП ДВИГАТЕЛЯ		ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ		
ДВС	ЭД	ДВС	Внешняя электророзрядка	ТЭ
✓		✓		
✓	✓	✓		
	Вторичный			
✓	✓	✓	✓	
	Первичный или вторичный (зависит от модели авто)			
	✓		✓	
	✓		✓	✓
			Вторичный	

Рис. 5. Типы и конфигурации альтернативного автотранспорта (для удобства авторы будут применять данную терминологию и сокращения для различных видов автомобильного транспорта)

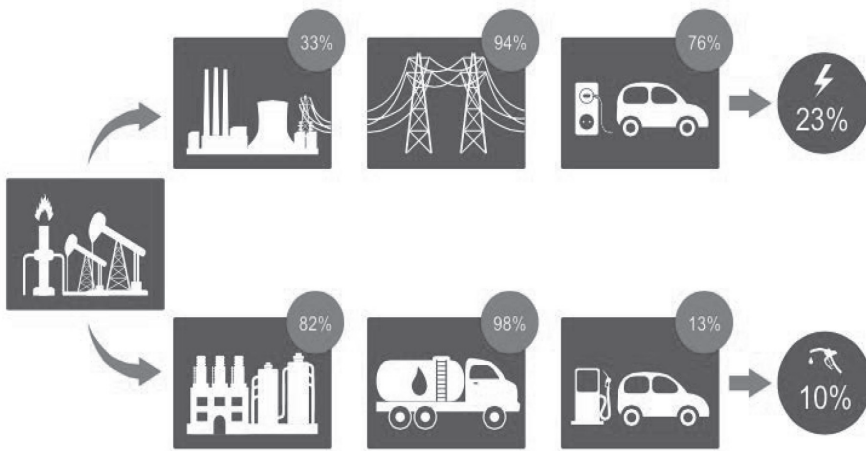


Рис. 6. Общая эффективность (well-to-wheel) для автомобиля с ЭД и ДВС /
Источник: MIT, Энергетический центр Сколково

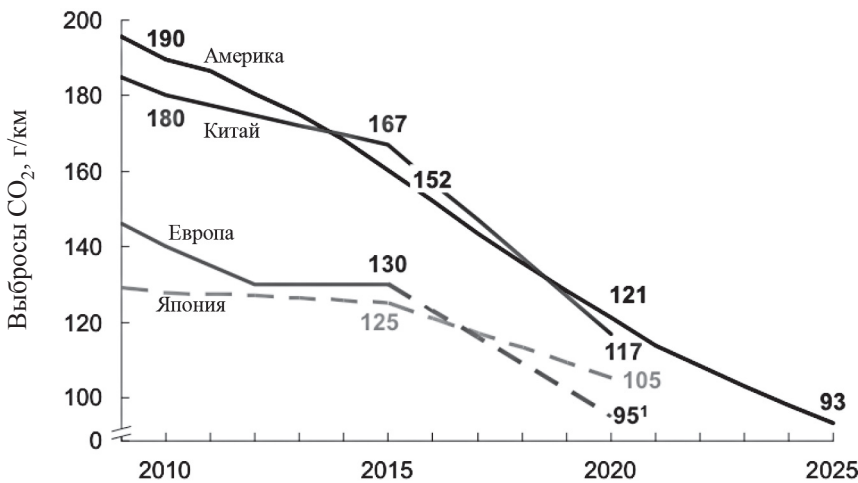


Рис. 7. Цели по нормам выбросов CO₂ для легкового транспорта в различных регионах мира

бильном рынке служит ужесточение экологических норм в части выбросов CO₂/км. Крупнейшие страны-потребители нефти (США, Китай, Европа) планируют значительно снизить уровень выбросов диоксида углерода для легковых автомобилей (рис. 7). При этом в густонаселённой Европе изначально установлены более низкие требования [6].

Как показано выше, крупнейшие промышленные страны стремятся к сокращению выбросов CO₂ автомобильным транспортом. **Электромобили в этом плане являются идеальным решением экологических проблем для крупно-населённых городов.** При использовании аккумуляторных батарей вредные выхлопы отсутствуют вообще, а при использовании топливных элементов основные «выхлопы» – водяной пар и тепло.

Одним из экологических вопросов (помимо производства батарей) является использование источника энергии для производства электроэнергии. Автомобиль имеет больше вариантов источников энергии для подзарядки. В случае применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) или природного газа, воздействие электромобиля на окружающую среду в разы меньше по сравнению с ДВС (рис. 8). При использовании

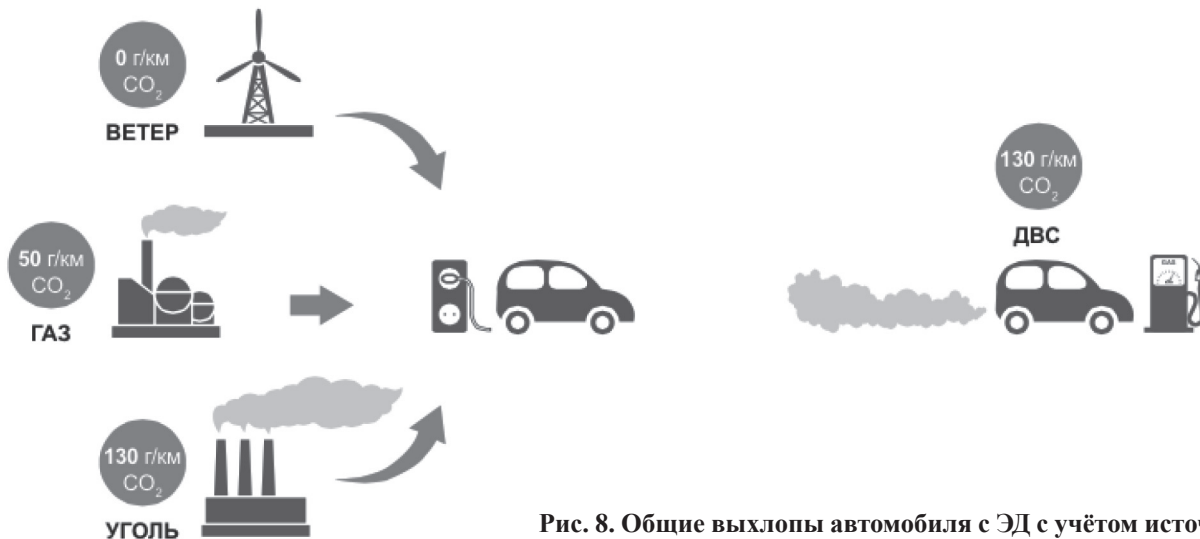


Рис. 8. Общие выхлопы автомобиля с ЭД с учётом источников энергии и выхлопы автомобиля с ДВС на моторном топливе /
Источник: MIT, Энергетический центр Сколково

угольного топлива для электростанций источник выбросов CO₂ переносится на места расположения энергетических объектов. Однако даже в этом случае электродвигатель имеет преимущество перед ДВС.

Транспортная инфраструктура и зарядные станции Следующим важным фактором на пути перехода к масштабному использованию альтернативного транспорта является развитие современной инфраструктуры. Чтобы достичь уровня автомобилей с ДВС потребуется достаточно длительный период, который, однако, может быть сокращён при массовом внедрении гибридных транспортных средств и инфраструктуры. Если для электродвигателей с аккумуляторными батареями вопрос стоит в наличии сети зарядных станций (среднее расстояние между которыми зависит от ёмкости батарей), то для электромобилей с топливными элементами на водородном топливе (FCEV)¹ ещё имеются технологические ограничения.

В США, Европе и Китае активно создаётся инфраструктурная сеть электростанций. Например,

¹В настоящее время существует ряд ограничений для крупномасштабного производства, хранения и транспортировки водорода.

в Северной Америке имеющаяся инфраструктура уже позволяет обеспечить свободный переезд на BEV с восточного побережья до западного (рис. 9). Идёт развитие зарядных станций в Европе и Азии (Китай и Япония) (рис. 10). Причём для владельцев электромобилей Tesla Motors зарядка на станциях этой компании осуществляется пока бесплатно.

Строительство электростанций в мире растёт в геометрической прогрессии. Например, компания Tesla Motors (рис. 11) с февраля 2013 по сентябрь 2015 гг. увеличила количество источников для подзарядки электромобилей с 69 до 1346 шт.². При этом подобные станции активно устанавливают автогиганты Ford, Nissan, GM и др.

Важную роль в стабильной эксплуатации транспортной инфраструктуры играет время подзарядки аккумуляторов. Различное время подзарядки будет создавать проблемы в их стабильной эксплуатации. В настоящее

²С учётом 1122-х электростанций для подзарядки в отелях, ресторанах, торговых центрах и др., а также 224 супер-зарядных станций, установленных на скоростных магистралях. Главное различие между ними – скорость подзарядки.

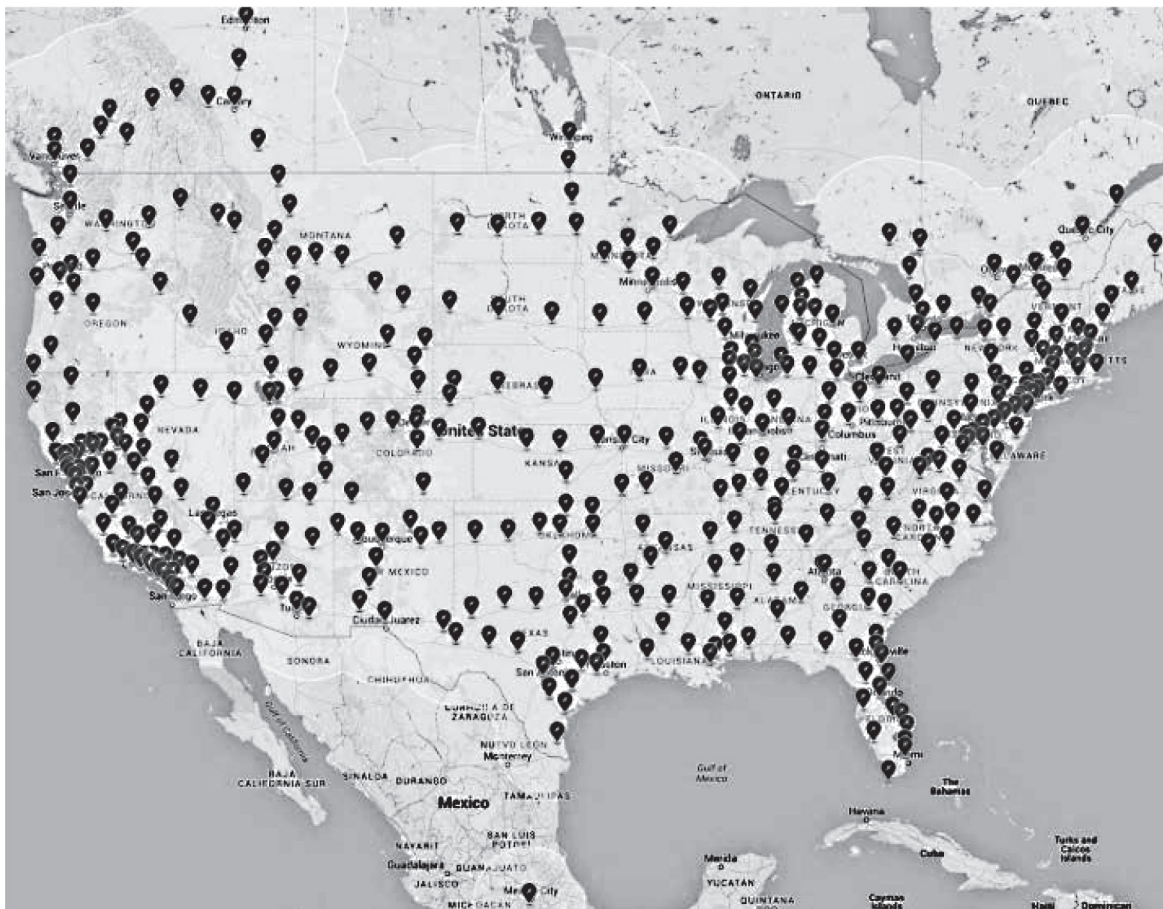


Рис. 9. Расположение зарядных станций для электромобилей (BEV) компании Tesla Motors в Северной Америке / Источник: Tesla Motors

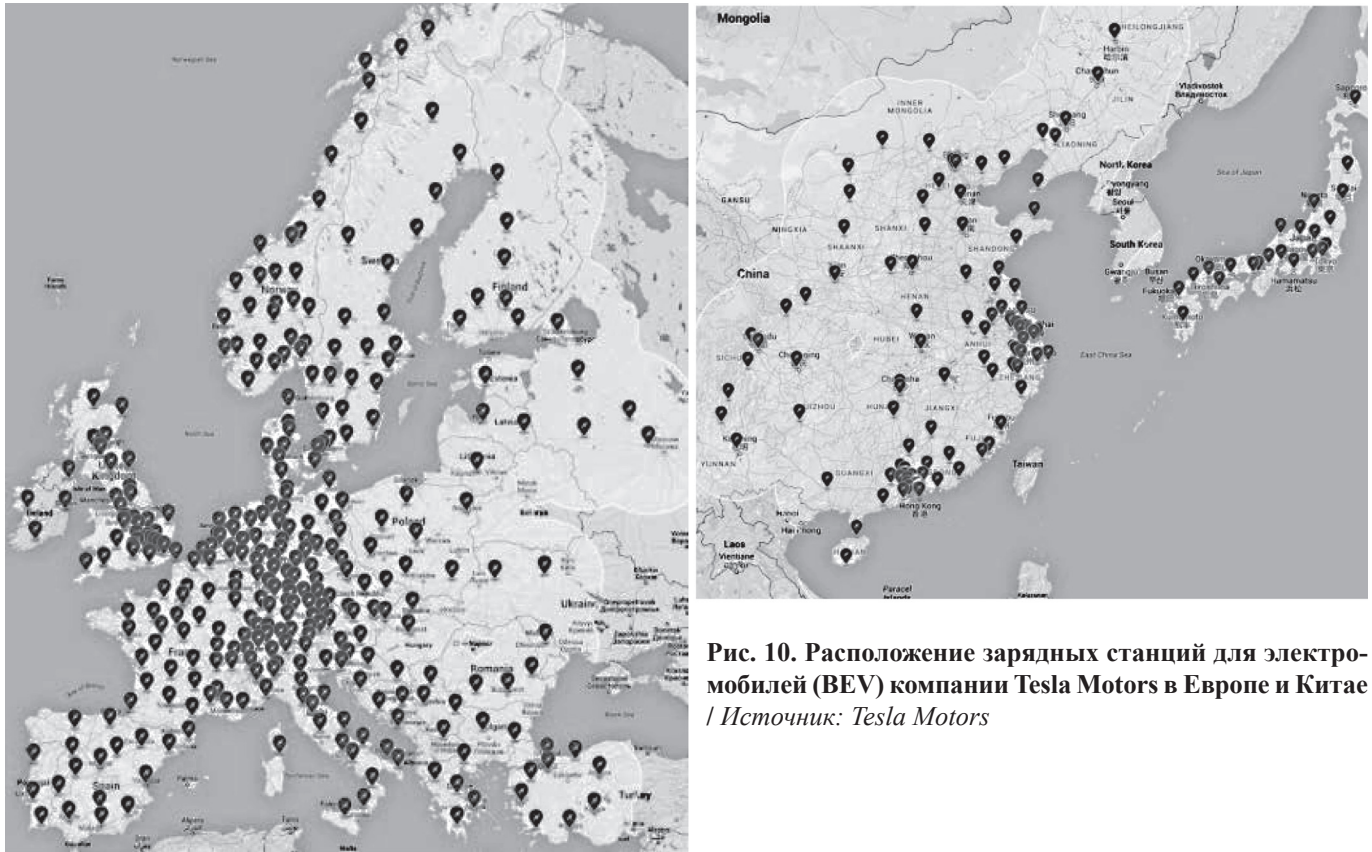


Рис. 10. Расположение зарядных станций для электро-мобилей (BEV) компании Tesla Motors в Европе и Китае / Источник: Tesla Motors

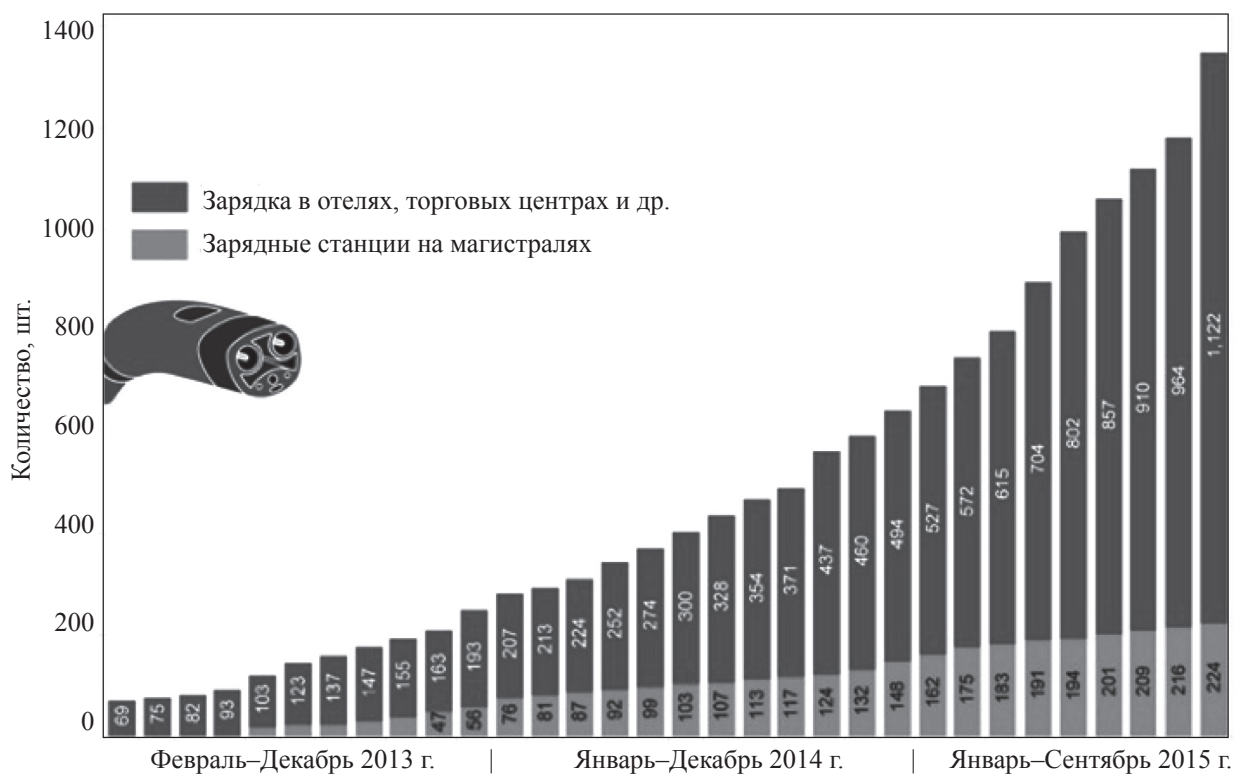


Рис. 11. Рост строительства компанией Tesla Motors источников для подзарядки BEV в США / Источник: PlugShare Quarterly Report

время только авто на водородном топливе практически не отличается по длительности зарядки от автомобиля с ДВС (табл. 2). Однако производители электромобилей решают данную проблему путём улучшения характеристик аккумуляторов и возможности их быстрой замены на уже заряженный аккумулятор непосредственно на электростанции. Например, заправка полного бака классического авто с ДВС занимает около 4–5 мин., замена аккумулятора – примерно полторы минуты.

Помимо электростанций уже сегодня необходимо учитывать развитие инфраструктуры для передвижения беспилотных автомобилей. Крупнейшие автопроизводители вкладывают огромные средства в данные технологии, которые в будущем решат проблемы безопасности на дорогах и управления транспортным потоком³. **Именно электромобиль станет главным драйвером для развития технологий беспилотного управления.**

³ В 2017 г. компания Tesla Motors планирует показательный автопроезд из Лос-Анджелеса до Нью-Йорка на беспилотном электромобиле.

2. Инфраструктура разных типов зарядных станций / Источник: *Europa, Fuel Cell Today*

Характеристика	Источник энергии				
	Бензин/Дизель	Водород	Аккумулятор		
Описание	Классическая заправка бензином или дизелем	Заправка водородом (похожа на заправку метаном)	Зарядка на электростанции 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
Тип авто	ICE, HEV, PHEV	FCEV	PHEV, BEV	BEV (со специальной функцией)	

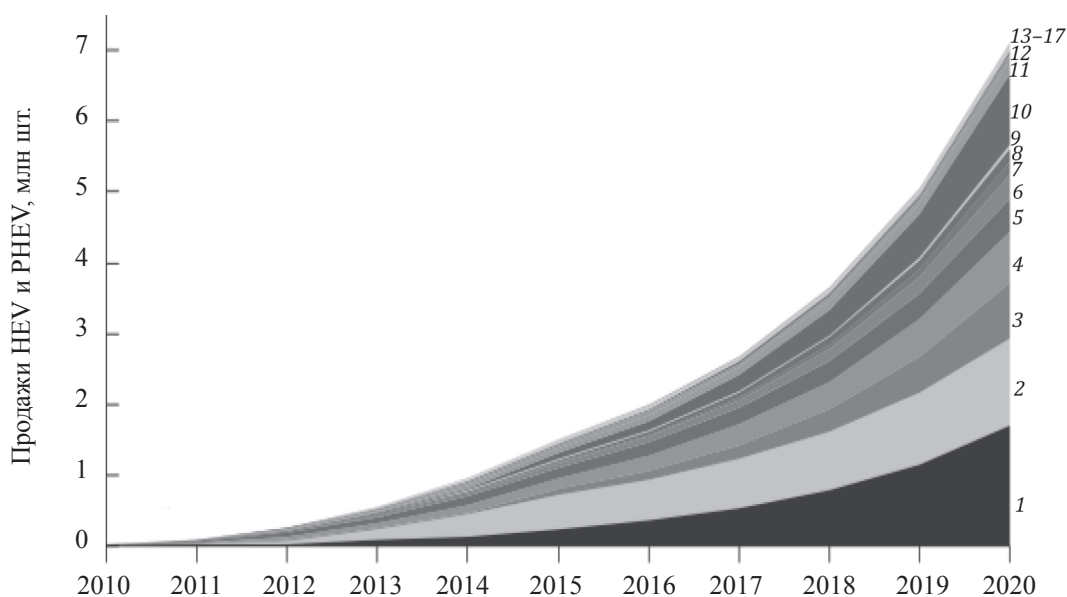


Рис. 12. Прогноз годовых продаж электромобилей до 2020 г. в различных странах мира / Источник – IEA: 1 – Китай; 2 – США; 3 – Япония; 4 – Испания; 5 – Франция; 6 – Германия; 7 – Португалия; 8 – Швеция; 9 – Дания; 10 – Юж. Корея; 11 – Великобритания; 12 – Израиль; 13 – Ирландия; 14 – Швейцария; 15 – Нидерланды; 16 – Австрия; 17 – Канада

Рынок электромобилей

Сегодня доля продаж альтернативного транспорта на мировом рынке составляет не более 3%. При этом различные исследования показывают, что это соотношение будет увеличиваться в пользу электромобилей. Как показано на рис. 12 основной рост продаж BEV и PHEV будет наблюдаться в Китае и США.

В 2015 г. безоговорочным лидером продаж электромобилей стали американцы: было продано более 330 тыс. авто. В 2013 г. каждый 25-й продаваемый автомобиль в США был электрическим или гибридным. При этом в Китае рост продаж в 2014 г. по сравнению с 2013 г. составил 324%, увеличившись с 17642 до 74763 шт.⁴

Такие тенденции скептически можно списать на увеличение спроса к новому продукту, однако это скорее результат спланированных мероприятий

⁴ По данным OICA в 2015 г. было продано 44,5 млн автомобилей (коммерческих и пассажирских). Из них 8,7 млн – в США, 9,8 млн – в ЕС, 11,8 млн – в Китае и 0,8 млн – в России. Общая численность мирового автопарка составляет около 1,3 млрд. шт.

по развитию альтернативного транспорта. В развитых странах действуют программы финансовой поддержки производителей и покупателей электромобилей. На государственном уровне существуют также различные инициативы по развитию электротранспортной инфраструктуры и ограничениям по продаже автомобилей с ДВС. Например, Госсовет Китая в 2015 г. поставил цель обеспечить инфраструктуру на 5 млн электромобилей уже к 2020 г. В следующем году китайцы планируют выпустить новые универсальные стандарты для электротранспортных станций. В Европе правительство Германии обратилось к руководству ЕС с инициативой запретить к 2030 г. продажу на территории ЕС авто с ДВС, как экологически опасных объектов транспорта. В Голландии и Норвегии рассматривают возможность ввода таких ограничений уже к 2025 г.

По предварительным расчётам Международного энергетического агентства, проведенном в 2011 г., доля легковых автомобилей с ДВС на мировом рынке в 2050 г. составит не более 10% (рис. 13). По тем же расчётам спад продаж автомобилей с ДВС начнётся после 2020 г. и в это же время, соответственно, начнётся существенный рост продаж альтернативных авто с различными конфигурациями двигателей. В каких конкретно странах останутся доминировать автомобили на моторном топливе спрогнозировать сейчас сложно, но скорее всего это будут страны с неразвитой экономикой и отсутствием господдержки для альтернативного транспорта.

За последние 5 лет цена кВт·ч литий-ионных батарей упала на 65%, достигнув 350 \$. По данным Bloomberg New Energy Finance, цена кВт·ч может снизиться до 120 \$ к 2030 г. с дальнейшим снижением в зависимости от развития технологий. При этом прогнозируется, что к 2040 г. электромобили (EV) в целом будут потреблять около 1900 тераВт·ч электроэнергии, что эквивалентно 10% сгенерированной человечеством электроэнергии в 2015 г. Что станет источником для обеспечения EV электроэнергией? Вероятно, возобновляемая энергетика, природный газ и атомная энергетика.

В процессе развития альтернативного транспорта каждый из типов новых автомобилей будет играть свою роль: HEV – обеспечит снижение потребления моторных топлив, PHEV – даст

развитие электротранспортной инфраструктуре, BEV – исключит из потребления альтернативным транспортом моторных топлив, FCEV – обеспечит развитие водородной энергетики.

Как говорилось выше, уровень потребления нефти в мире напрямую связан со спросом на неё транспортного сектора. Авторы полагают, что снижение доли ДВС в автомобильном транспорте (а впоследствии и полный отказ от данных типов двигателей в развитых странах) отразится на нефтяной промышленности в сторону существенного уменьшения добычи и потребления сырой нефти. Данные изменения также приведут к значительному сокращению рабочих мест в нефтедобыче и первичной нефтепереработке, но с перспективой существенного роста рабочих мест в получении сырья и продуктов нефтехимии на действующих НПЗ.

Нефтяная промышленность в условиях снижения спроса на нефть транспортного сектора

Возможно, с учётом тенденции развития электромобилей на аккумуляторных батареях и водороде, роль нефти в мировом потреблении будет уменьшаться ещё более значительно, чем это представлено в вышеуказанных прогнозах. Основной вопрос сегодня стоит в масштабировании имеющихся технологий и инфраструктуры.

В этой связи, возникают значительные экономические и технологические риски для российского

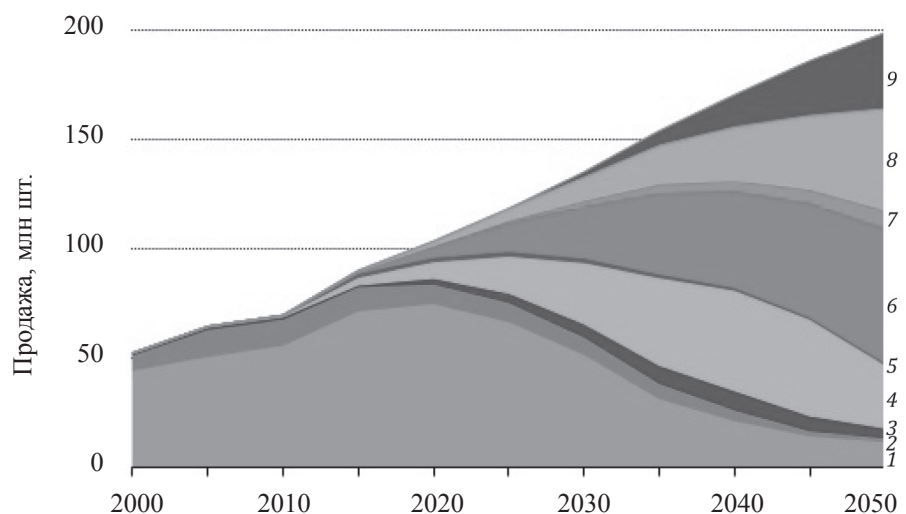


Рис. 13. Прогноз развития мирового рынка легковых автомобилей / Источник – EIA: 1 – классический бензиновый автомобиль; 2 – классический дизельный автомобиль; 3 – классический автомобиль на газомоторном топливе; 4 – бензиновый гибрид (HEV); 5 – дизельный гибрид (HEV); 6 – бензиновый гибрид с внешней подзарядкой (PHEV); 7 – дизельный гибрид с внешней подзарядкой (PHEV); 8 – электромобиль на аккумуляторе без ДВС (BEV); 9 – электромобиль на водороде (FCEV)

нефтеперерабатывающего комплекса, на модернизацию которого под видом экологии было потрачено за последние годы миллиарды рублей. Решением данной проблемы должен стать пересмотр структурных схем действующих НПЗ с возможностью увеличения производства сырья нефтехимии в случае снижения спроса на моторные топлива, а также при уменьшении объёмов первичной переработки нефти на НПЗ РФ.

Применение процесса жидкофазного каталитического крекинга (FCC) и разработанных на его основе процессов глубокого каталитического крекинга (DCC) и каталитического пиролиза (CPP) позволяет увеличить выход продуктов, используемых в качестве сырья нефтехимии. Так, DCC даёт самый высокий выход пропилена (15–20% масс.) в зависимости от вида сырья и операционных условий. В табл. 3 приведены сравнительные показатели выхода продуктов процессов FCC, DCC и парового крекинга.

3. Выход продуктов установок DCC (или CPP), FCC и парового крекинга

Выход, % 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
Лёгкий газойль	14,5	9,5	4,7
Тяжёлый газойль	8,4	4,3	5,7
Кокс	5,2	6,0	–

Следует отметить, что в России ситуация с наличием собственных технологий в нефтепереработке более приемлемая, чем технологий в области нефтехимии (рис. 14). В нефтехимической промышленности всё ещё преобладают зарубежные технологии и катализаторы. Поэтому весь научный потенциал должен быть направлен на импортозамещение западных технологий в области нефтехимии.

Развитие нефтехимии в России и максимальное использование потенциала нефтеперерабатывающего комплекса возможно достичь за счёт их интеграции. Интегрированные комплексы позволяют повысить рентабельность активов посредством снижения эксплуатационных расходов и гибкости использования сырья. Мировой опыт показывает, что синергетический эффект от интеграции нефтехимического и нефтеперерабатывающего комплекса даёт экономию в сотни млн долларов в год. Сегодня все крупные интеграционные проекты строятся преимущественно в странах Персидского залива (рис. 15) и направ-

лены не в производство моторных топлив, а в сырьё и продукты нефтехимии.

Интегрированные нефтеперерабатывающие и нефтехимические комплексы можно разделить на три категории (Источник: Кенан Явуз, *Глобальный отчёт по интеграции в сфере нефтепереработки и нефтехимии*):

- ♦ 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.

Необходимо отметить, что выбор соответствующих технологий и операционных моделей зависит от особенности конкретных НПЗ и НХК. Сегодня Россия обладает необходимыми преимуществами в области нефтехимии за счёт наличия более дешёвого сырья (рис. 16). В условиях глобальной конкуренции и возможных изменений на автомобильном рынке, главной задачей нефтеперерабатывающего комплекса должно стать получение высококачественных полуфабрикатов, используемых в качестве сырья для нефтехимии, с пониженными значениями себестоимости конечных продуктов.

Роль экономики и науки в выполнении ЭС-35

Рассмотренные выше перспективы развития альтернативного транспорта могут стать плачевными для экономики государств, зависящих от экспорта нефти, и для крупных нефтяных проектов. «Новая автомобильная революция» станет болезненной для тех, кто не готов к подобного рода технологическим вызовам. Самое главное, что данные преобразования будут иметь необратимый характер, итогом которых станет кардинальное изменение мировой нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.

Важно отметить, что в данных условиях развитые страны (США, ЕС, Китай) играют значительную роль в регулировании рынка путём установления чёткой политики, направленной на поддержку производителей альтернативного транспорта и соответствующей инфраструктуры. Устойчивое развитие и «переход в новое цивилизационное пространство» возможно лишь при ответственном участии государства и бизнеса с учётом долгосрочных интересов страны в целом, а не краткосрочных интересов отдельных групп и компаний.

Россия за свою историю пережила различные формы экономического уклада: в советское время при плановой

НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

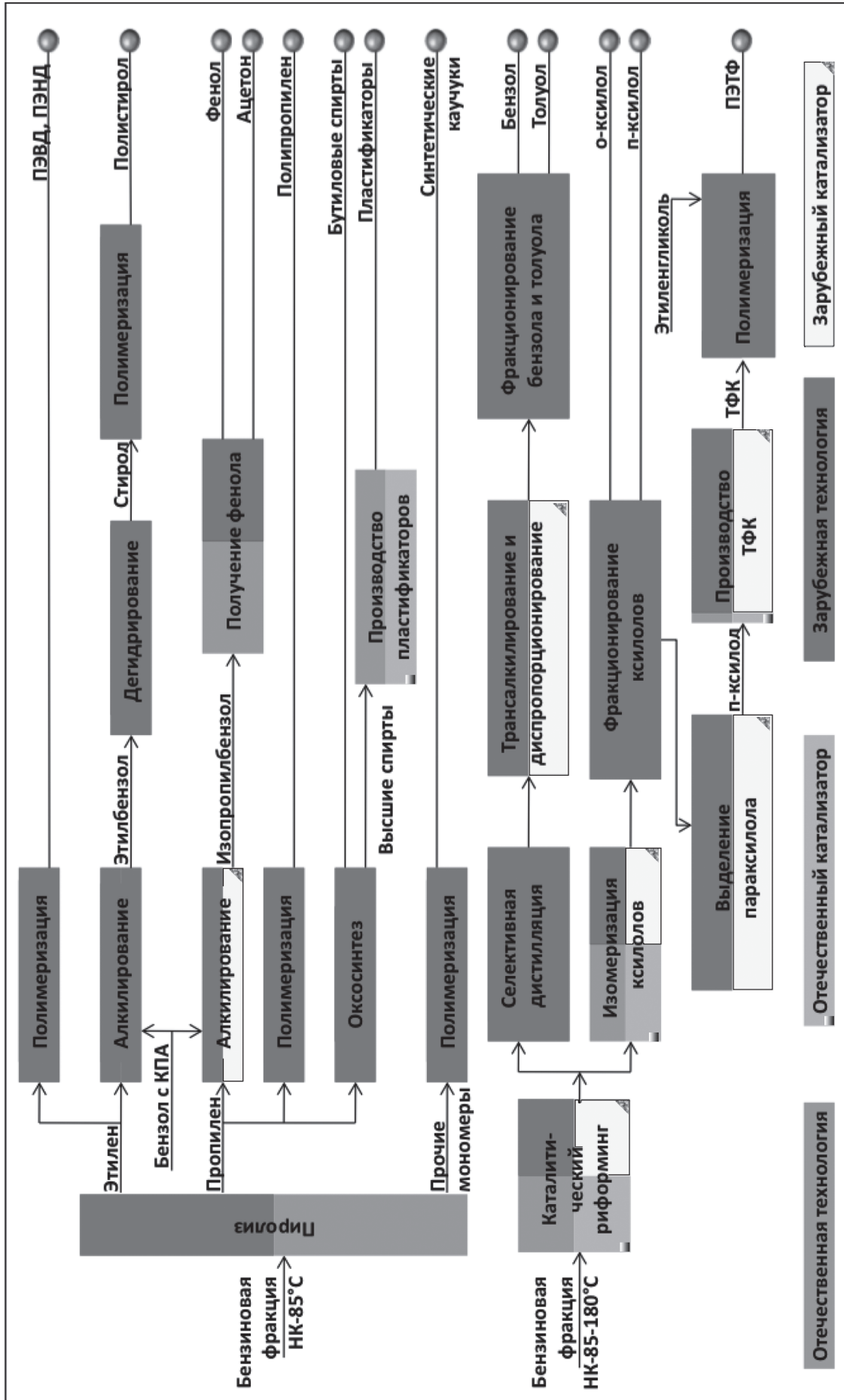


Рис. 14а. Технологии и катализаторы в нефтеперерабатывающей промышленности России / Источник: Теляшев Э.Г. Переход к импортозамещающим технологиям в нефтегазопереработке: Доклад, НАЗВАНИЕ КОНФЕРЕНЦИИ ?Уфа-2015

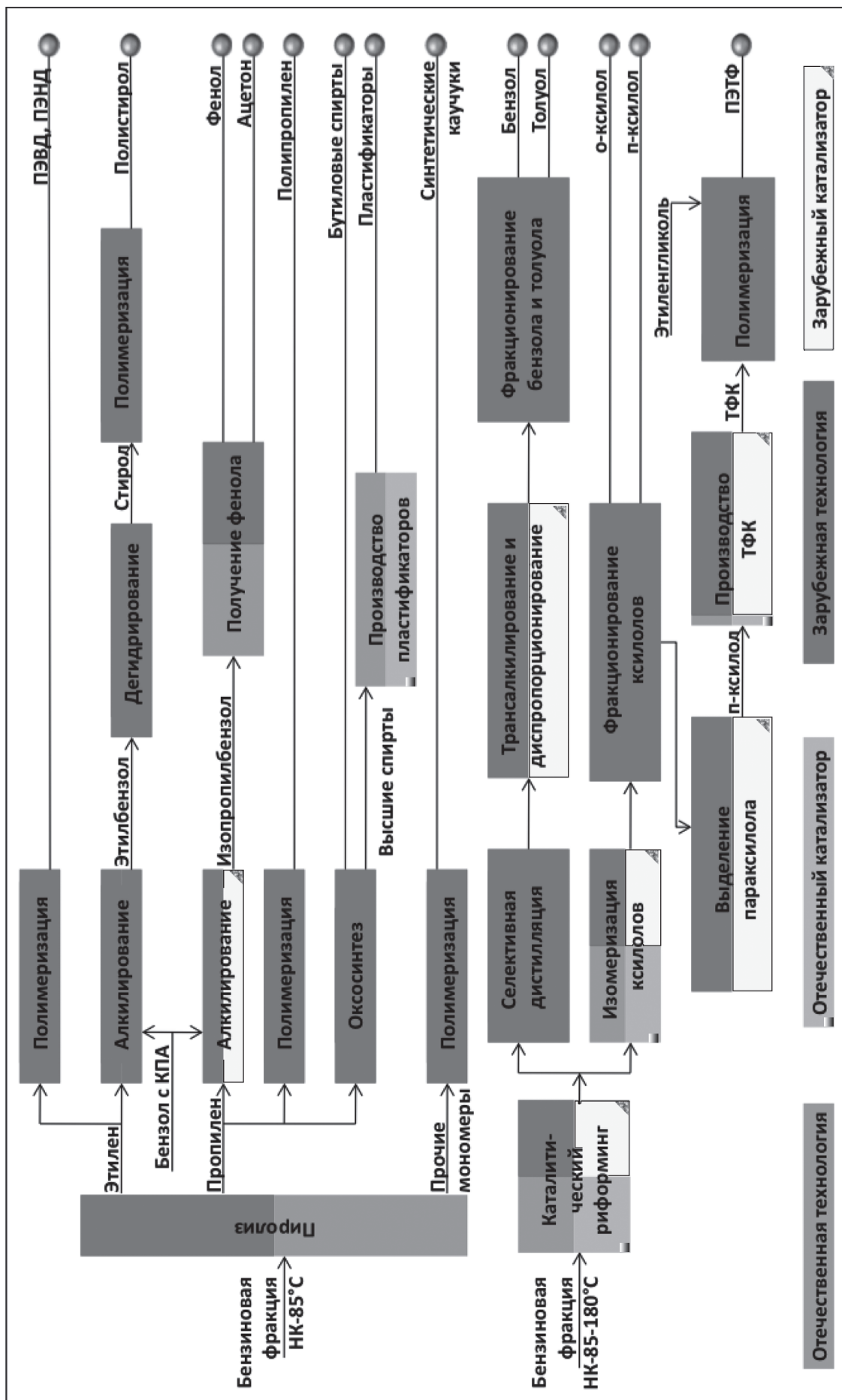


Рис. 146. Технологии и катализаторы в нефтехимической промышленности России / Источник: Теляшев Э.Г. Переход к импортозамещающим технологиям в нефтегазопереработке: Доклад, НАЗВАНИЕ КОНФЕРЕНЦИИ ?Уфа-2015

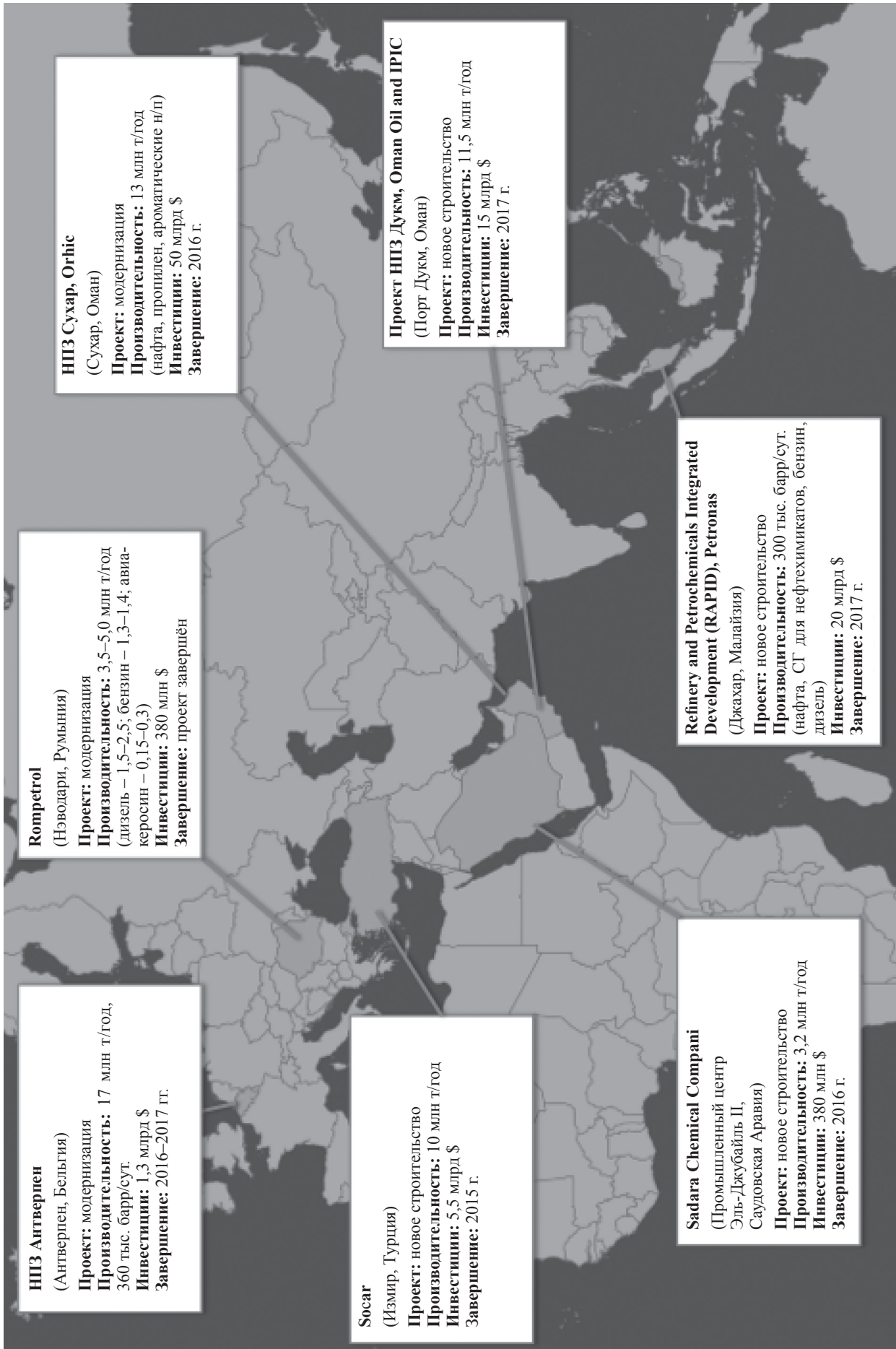


Рис. 15. Мировые проекты по интеграции НПЗ и НХК / Источник: Глобальный отчёт по интеграции в сфере нефтепереработки и нефтехимии

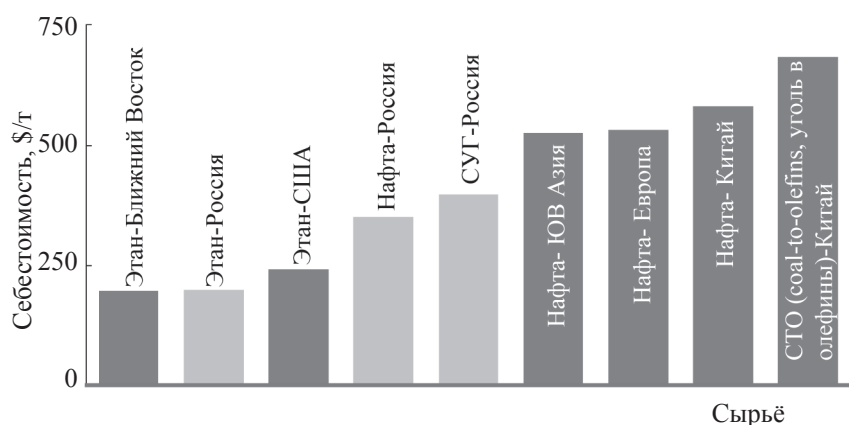


Рис. 16. Себестоимость производства этилена в различных регионах мира / Источник: McKinsey & Company

экономике государство полностью контролировало хозяйственную деятельность страны и задавало вектор развития; в 90-е годы прошлого века при рыночных преобразованиях роль государства свелась практически к нулю. Все эти крайности, хоть и дают при определённых условиях краткосрочный положительный эффект, но в нынешних мировых реалиях не смогут обеспечить устойчивое развитие страны. Поэтому единственным здоровым путём должно стать дальнейшее становление в России смешанной экономики (или социально-рыночной). Примерами таких стран являются: Китай, Скандинавские страны, США, Франция, и др.

Смешанная экономика позволяет более гибко приспосабливаться к внешним и внутренним вызовам, соблюдая при этом баланс интересов. Например, при таком абсолютно нерыночном механизме воздействия на Россию, как санкции, государство вмешивается в экономику путём ответных мер, чтобы снизить негативный эффект от внешнего воздействия. Или при изменении цен на нефть регулирует различными механизмами поступления в бюджет путём снижения курса рубля к иностранной валюте.

В табл. 4 показаны расчёты, на которых изменение курса рубля к доллару в условиях снижения цен на нефть позволяет избежать дефицита бюджета. Безусловно, при таком курсе российской валюты будут страдать крупные нефтегазовые проекты. Например, по освоению арктического шельфа, трудноизвлекаемых месторождений Сибири или модернизации НПЗ, где уровень иностранного оборудования и технологий очень высок. Однако при грамотном планировании такие меры позволят ускорить развитие производства российского оборудования и развитие российской прикладной

науки, создавая при этом рабочие места для граждан своей страны и избавляясь от неэффективных рабочих мест, созданных за последние годы в условиях благоприятных нефтяных цен.

Россия сегодня отстаёт от лидирующих стран по экспорту продукции и технологий наукоёмких производств (табл. 5). Разрыв по некоторым отраслям исчисляется в сотни раз. При этом именно авиакосмическая, фармацевтическая и электронная промышленности будут одними из основных направлений для устойчивого развития стран, перешедших в «новое цивилизационное пространство». Отчасти такое отставание связано с недостаточностью финансирования НИОКР и отсутствием чёткой политики в области развития «технологий будущего». Так, Китай за период с 2000 по 2013 гг. увеличил свои расходы на НИОКР с 33 млрд \$ до 333,5 млрд \$, обогнав по этому показателю страны ЕС. Такие вложения в науку и технологии позволяют Китаю перейти из ранга страны-производителя товаров для обеспечения ведущих экономик мира в страну-лидера в области высокотехнологичных производств.

4. Дефицит бюджета РФ при разных ценах на нефть и курсе рубля, % от ВВП / Источник: BofA Merrill Lynch Global Research, РБК

Курс доллара, руб.	Цена нефти сорта BRENT, \$/барр									
	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25
60	- 0,6	- 1,3	- 2,0	- 2,8	- 3,6	- 4,4	- 5,3	- 6,3	- 7,3	- 8,4
65	0	- 0,6	- 1,4	- 2,2	- 3,0	- 3,9	- 4,8	- 5,8	- 6,8	- 8,0
70		0	- 0,8	- 1,5	- 2,4	- 3,3	- 4,2	- 5,3	- 6,4	- 7,7
76			0	- 0,9	- 1,7	- 2,6	- 3,6	- 4,7	- 5,8	- 7,1
84				0	- 0,9	- 1,8	- 2,9	- 4,0	- 5,2	- 6,5
94					0	- 0,9	- 2,0	- 3,12	- 4,4	- 5,7
105						0	- 1,1	- 2,3	- 3,6	- 5,0
120							0	- 1,2	- 2,6	- 4,1
140								0	- 1,4	- 3,0
168									0	- 1,7
210										0

5. Экспорт стран по ведущим наукоёмким отраслям промышленности и внутренние валовые расходы на НИ-ОКР, млрд \$ / Источник: OECD Main Science and Technology Indicators Database

Страна	Отрасль (2014 г.)			Расходы на НИОКР (2013 г.)
	авиакосмическая	электронная	фармацевтическая	
Россия	2,9	5,3	0,6	36,6
США	127,3	199	47,5	457
Китай	5,1	673,8	13,4	333,5
ЕС	107	186,6	166,3	328,9

Задачи России должны быть не менее амбициозными, чем у Китая. При этом отставание России в вышеперечисленных наукоёмких технологиях должно учитываться при развитии других не менее сложных отраслей промышленности. Например, нетегазохимической, где наличие собственной ресурсной базы и научного потенциала будет являться преимуществом для нашей страны. Стратегия развития конкурентных направлений должна быть взвешенная, без распределения последних ресурсов в те области, где отставание практически невозможно сократить за короткий промежуток времени.

Роль науки будет ключевой при переходе в «новое цивилизационное пространство». 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 и разработок. Импортозамещение означает, в первую очередь, опережающее развитие технологий, а не догоняющие изобретения и разработки. В противном случае происходит неразумно высокое расходование средств. В нефтегазовой отрасли пока есть соответствующий человеческий потенциал, который обладает и идеями и возможностями их практической реализации.

Выводы и рекомендации

Главная цель данной работы – показать основные тенденции развития на мировом рынке автомобильного транспорта, которые могут иметь серьёзные последствия для нефтяной промышленности, а также привлечь внимание научного сообщества и экспертов к данной проблеме. Детальные расчёты изменения объёмов добычи и переработки нефти являются результатом отдельных исследований. Авторы предлагают следующие выводы и рекомендации, которые важно учесть при разработке (корректировке) стратегий развития нефтегазового комплекса в масштабах страны и отдельных компаний:

1. Внедрение в ближайшие годы альтернативного автотранспорта обусловит постепенное снижение мировых объёмов добычи и переработки нефти, а также снижение цен на нефть на длительный период. При

этом поддержание их низких значений в среднесрочном периоде будет зависеть от гибкости в добыче, транспортировке и переработке сланцевой нефти в США.

2. С учётом снижения добываемых объёмов сырой нефти и мировых цен на нефть возможно значительное уменьшение выручки от экспорта нефтяного сырья и полупродуктов из России. Поэтому необходимо рассчитать сценарий изменения объёмов экспорта нефти и мощности нефтепереработки в РФ с учётом появления альтернативных двигателей, которые должны вытеснить с авторынков классические ДВС.

3. Основными продуктами нефтеперерабатывающего комплекса становится не производство топлив, а продуктов нефтехимии, битумов, масел и различных присадок. Таким образом, **главной задачей нефтепереработки должно стать получение высококачественных полуфабрикатов для использования их в качестве сырья для нефтехимии с пониженными значениями себестоимости их производства.**

4. Снижение уровня потребления бензина и дизельного топлива на транспорте должно привести к пересмотру программы модернизации нефтеперерабатывающих комплексов в РФ и корректировке проекта ЭС-2035. Поэтому должна быть оформлена расчётным путём скорректированная стратегия развития нефтепереработки и нефтехимии России с учётом снижения потребления транспортных топлив, полученных из нефти.

5. Проект Энергетической стратегии России на период до 2035 г. должен быть тщательно скорректирован с учётом конкуренции между альтернативными двигателями и двигателями ДВС.

6. Главным уточнением по проекту ЭС-2035 является его расчётная схема по объёмам добычи, транспортировки, экспорту и переработке сырой нефти на ближайшие 20 лет. При этом основой для достижения окупаемости показателей является рост цен на нефть с 40 до 100 \$/барр. С учётом рассмотренных ранее рисков для нефтяной промышленности реализация энергетической стратегии из расчёта высоких цен на нефть может стать невыполнимой задачей.

7. Следует проанализировать экономическую эффективность действующей концепции добычи и транспортировки нефти из арктических шельфов и

других труднодоступных месторождений УВ. Необходимо скорректировать стратегические планы развития всего нефтяного комплекса РФ и пересмотреть идеологию общих структурных схем нефтепереработки и нефтехимии. Кроме того, необходимо проанализировать варианты модификации современных технологических установок (таких как FCC и гидрокрекинг).

8. Нефтяные компании при этом должны стать энергетическими с развитием новых энергоносителей и расширенным набором решаемых задач.

9. Рекомендуется провести расчёты по корректировке экономического инструмента модернизации НПЗ от доминирования частной собственности объектов модернизации с переходом к смешанной собственности данных объектов. При этом, к частной собственности относятся объекты с быстрым сроком возврата инвестиций, а к госсобственности – с длительным. Такое изменение в собственности объектов позволит улучшить конкурентную среду, а также значительно снизит затратный механизм модернизационных мероприятий.

10. Режим секторальных санкций пока не распространяется в полной мере на оборудование для НГК. Однако сценарий ужесточения санкций исключать нельзя. В таком случае необходимо провести полный аудит существующего импортного нефтегазового оборудования на требования промышленной и экологической безопасности для осуществления полномасштабной модернизации и безопасной эксплуатации на НПЗ. При ужесточении санкций возможен также сценарий мобилизационной экономики для ускоренного развития внутреннего рынка России.

11. Новым девизом нефтяной отрасли РФ должно стать: импортозамещение оборудования и технологий, а также экспортозамещение нефти на продукты нефтехимии с высокой добавленной стоимостью с целью создания новых эффективных рабочих мест для граждан своей страны.

Список литературы

1. Проект Энергетической стратегии России на период до 2035 г. Минэнерго России, 2016.
2. Dr Nebojsa Nakicenovic. International Institute for Applied Systems Analysis, Luxemburg, Austria, Aug. 2003.
3. Левинбук М.И., Котов В.Н. Изменение структуры потребления основных энергоносителей в США – один из вызовов энергетической безопасности России / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2013. – № 9. – С. 3–14.
4. Левинбук М.И., Котов В.Н. Перспективы эксплуатации и модернизации технологического нефтегазового оборудования в России в условиях секторальных санкций и изменения соотношения потребления доминантных энергоносителей в энергетическом балансе США / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2015. – № 2. – С. 4–20.

5. Электромобиль: «игрушка для богатых» или революция в потреблении нефти? / Энергетический центр Московской школы управления Сколково – май 2014. ЧТО ЭТО книга, статья. Кто авторы??

6. Amsterdam Roundtable Foundation and in McKinsey&Company. Evolution electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?, The Netherlands, April 2014.

Levinbuk M.I., Glagoleva O.F., Kotov V.N.

(A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, RAS (TIPS RAS);

Gubkin Russian State University of Oil & Gas)

About the necessity for adjustment of the draft of Energy Strategy of Russia in the conditions of light oil production in the USA and the transitions to alternative vehicles and fuels

Abstract

For the last 100 years, the main purpose of the oil refining industry was the production of motor fuels from crude oil for the internal combustion engines (ICE). Accordingly, the increase in the production of crude oil was correlated with an increase in the production of ICE for the automotive industry. However, with the development of alternative vehicles the goals and challenges for the petroleum industry will be changed. A study shows the tendencies of changing the markets of hydrocarbon resources and petrochemical products, as well as the problems that petroleum industry should solve in the medium and long term.

References

1. The draft of the Energy Strategy of Russia for the period up to 2035, the Ministry of Energy of the Russian Federation, 2016.
2. Dr Nebojsa Nakicenovic. International Institute for Applied Systems Analysis, Luxemburg, Austria, Aug. 2003.
3. Levinbuk M.I., Kotov V.N. Changes in the structure of consumption of the primary energy resources in the United States – one of the challenges of energy security for Russia. *World of oil products. The oil companies' Bulletin*, 2013, no. 9, pp. 3–14.
4. Levinbuk M.I., Kotov V.N. The perspectives of exploitation and modernization of the processing facilities in Russia in response to the sectoral sanctions from the Western countries and to the transitions in the structure of consumption of the primary energy resources in the USA. *World of oil products. The oil companies' Bulletin*, 2015, no. 2, pp. 4–20.
5. Vigon G., Savchik E., Belova M., Dorofeev E. Electric vehicle: “a toy for the rich” or a revolution in petroleum consumption?, Skolkovo Energy Centre, May 2014.
6. Amsterdam Roundtable Foundation and in McKinsey&Company. Evolution electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?, The Netherlands, April 2014.