

АНАЛИЗ ПРОГНОЗОВ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Н.И. Андриянов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, andrnick@extech.ru

С.В. Генералова, ст. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, andrnik@extech.ru

С.П. Юркевичус, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, доц.,
jursp@extech.ru

В статье приводится краткий сравнительный анализ прогнозов и сценариев развития мировой энергетики разработанных различными зарубежными и отечественными научно-аналитическими центрами, такими как: группа сценарного планирования концерна Шелл, компания Statoil (Норвегия), неправительственная организация «Гринпис», Институт энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН), Институт энергетической стратегии (ЗАО «ГУ ИЭС»).

Ключевые слова: энергетика, сценарии и прогнозы развития мировой энергетики.

ANALYSIS OF THE FORECASTS OF WORLD ENERGY DEVELOPMENT

N.I. Andriyanov, Head of Department of SRI FRCEC, andrnick@extech.ru

S.V. Generalova, Senior Researcher of SRI FRCEC, andrnik@extech.ru

S.P. Yourkevichus, Leading Researcher of SRI FRCEC, Doctor of Engineering, Associate Professor, jursp@extech.ru

The article gives a brief comparative analysis of the forecasts and scenarios of development world energy developed by various foreign and domestic scientific and analytical centers, such as: a group of scenario planning, shell, Statoil (Norway), non-governmental organization «Greenpeace», Institute for energy research Institute (ERI RAS), Institute of energy strategy (CJSC «Institute of energy strategy»).

Keywords: energy, scenarios and forecasts of development of the world energy.

Введение. В настоящее время ведущие мировые и отечественные научно-аналитические центры представили свое видение будущего мирового энергетического развития до 2030 г. и в перспективе обобщенно до 2050 г. [1].

Имеющаяся информация представляет безусловный интерес для принятия решений при определении приоритетных направлений развития науки и технологий в области энергетики, энергоэффективности и энергосбережения.

В данной статье представлен краткий анализ основных положений некоторых отечественных и зарубежных прогнозов.

Сценарии «Новый взгляд на будущее» компании «Шелл интернешнл БВ», 2013 г. В этом документе группа сценарного планирования концерна Шелл представила два возможных сценария развития мировой экономики и в том числе энергетики, под условными названиями «Горы» и «Океаны».

Сценарий «Горы» рассматривает мир, в котором сохраняется статус-кво: власть прочно удерживают те, кто имеет влияние сегодня. Те, от кого зависит принятие решений, согласовывают свои интересы и разрабатывают ресурсы постепенно и осторожно, независимо от ситуации, диктуемой рынком. В результате система костенеет, что снижает динамичность экономического развития и гасит социальную мобильность.

В сценарии «Океаны» рассматривается мир, в котором власть и влияние рассредоточены. Власть носит децентрализованный характер, в обществе учитываются конкурирующие ин-

тересы, и все вопросы решаются на основе компромисса. На волне масштабных реформ наблюдается стремительный взлет экономики, однако социальная сплоченность ослабевает, что приводит к дестабилизации политики. В результате наблюдается стагнация в принятии политических решений, и на сцену выходят мощные рыночные структуры.

Сравнительные данные, согласно этим сценариям, касающиеся энергетической отрасли, отражены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение сценариев в энергетической отрасли

Сфера	Стимулы	Сценарий «Горы»	Сценарий «Океаны»
Спрос на энергоносители	Выбор	Законодательные меры	Рынки
	Цены	Косвенное влияние внешних факторов Умеренные цены	Более высокие цены С учетом явных внешних факторов
	Технологии, способствующие повышению эффективности	Стандартизация продукции	Обусловлены рынком
	Поведение, способствующее повышению эффективности	Является составной частью системы	Подвержено влиянию цен
	Экономика	Изначально ниже тренда	Следует тренду
Энергоресурсы	Нефть	Теряет позиции	Продолжительное использование жидких видов топлива
	Газ	Мировой успех сланцевого газа	Ограниченная добыча сланцевого газа вне Северной Америки
	Уголь	Обогащенный уголь	Использование каменного угля в течение длительного времени
	Ядерная энергетика	Возрождение	Общественная оппозиция
	Возобновляемые источники энергии для производства электричества	Сокращение затрат	Основа – фотогальваническая солнечная энергия
	Биомасса	Для выработки электричества	Для транспорта и выработки сырья для изготовления химических продуктов
Энерготехнологии	Инновации	Управляется правами интеллектуальной собственности	Открытые инновации
	Внедрение	Основное внимание уделяется крупномасштабным поставкам	Реагирование на местном уровне (снабжение и эффективность)
	Транспорт	Газификация и электрификация Сокращение километража городских поездок	Больше транспорта, работающего на бензине и дизеле
	Электроэнергия	Централизованная генерация и применение CCS-технологий, возможность использования водородного топлива	Большее распространение, многовариантность

Структура распределения мирового потребления первичных энергоресурсов, согласно прогнозам компании Шелл, приведена в табл. 2.

Приведенные в табл. 2 цифры говорят о том, что, по мнению специалистов компании Шелл, мировая энергетика к 2050 г. сохранит свой «углеводородный» характер. Но вместе с тем и доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) будет значительной – 22,2 % по сценарию «Горы» и 30,6 % – по сценарию «Океаны».

Таблица 2

Спрос на первичные энергоресурсы (ЭксаДж/год), 2050 г.

Виды первичных энергоресурсов	Сценарий «Горы»	Сценарий «Океаны»
Нефть	160,5	220,7
Биотопливо	10,2	14,2
Природный газ	237,7	185,6
Газифицированная биомасса	33,9	22,1
Каменный уголь	211,8	218,6
Биомасса/ Твердые отходы	26,3	17,7
Традиционная биомасса	42,0	24,3
Ядерная энергия	91,9	52,4
Гидроэлектроэнергия	18,7	18,7
Геотермальная энергия	14,7	26,4
Солнечная энергия	32,1	132,6
Ветровая энергия	21,8	42,4
Другие возобновляемые источники энергии	0,0	0,1
Всего	902	976

Прогноз компании Statoil (Норвегия). Компания Statoil представила свой прогноз по развитию мирового энергетического рынка [3]. По мнению норвежских специалистов, предполагается максимальный рост спроса на газ, а также на возобновляемые источники энергии.

В период до 2040 г. спрос на газ ежегодно будет расти на 1,6 %, ВИЭ – на 8,9 %, уголь – на 0,7 %, нефть – на 0,5 %. На рост спроса будет влиять увеличение мирового ВВП (2,8 % в год), в том числе в странах, входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития – на 1,9 %, в остальных государствах – на 4,5 %. В компании считают, что новыми крупными поставщиками газа в будущем станут страны Северной Америки, Восточной Африки и Океании.

Доля альтернативной энергетики составит 8 %, увеличившись до 2040 г. на 7 процентных пунктов. Тем не менее, основным спросом будет пользоваться ископаемое топливо, его доля составит 72 % против 81,1 % в 2010 г. Пик мирового потребления нефти придется на 2030 г., а к 2040 г. оно составит 100 млн баррелей в день. Прирост спроса на энергоносители на российском рынке составит 0,7 % в год, ВВП – 2,9 %. К 2018 г. в РФ планируется добывать 11,2 млн баррелей в день, чему может благоприятствовать налоговый режим.

Statoil прогнозирует снижение уровня потребления угля в России, увеличение доли использования атомной энергии, а также энергии из ВИЭ, вырастут показатели добычи нетрадиционной и трудноизвлекаемой нефти. Мировым лидером по экспорту газа и нефти будут США. В КНР к 2040 г. уголь останется самым востребованным энергоносителем, однако его доля на рынке уменьшится с 66 % до 55 %, спрос на газ будет расти на 5,5 % в год, а на нефть, напротив, снижаться.

Сценарии «Гринпис». Неправительственная организация «Гринпис» в 2007 г. разработала собственные сценарии развития мировой энергетики и периодически обновляет их. В отличие от большинства сценариев других организаций разработанный «Гринпис» сценарий энергетической революции является не исследовательским, а нормативным [1, 4]. Иными словами, он описывает не наиболее вероятные варианты будущего, а желательные (хотя и возможные, по мнению авторов). Наряду с этим сценарием рассматривается инерционный сценарий, который построен на основе работ Международного энергетического агентства [6] путем экстраполяции сегодняшних тенденций на период после 2030 г. и поэтому не представляет особого интереса. Сценарии содержат количественные показатели структуры мирового топливно-энергетического баланса до 2050 г., в том числе по регионам, видам энергии и секторам конечного потребления.

Ключевыми целями нормативного сценария энергетической революции являются:

– предотвращение изменения климата и ограничение глобального роста температур пределом в 2°С (обычно считается, именно эта величина является порогом устойчивости геосферы);

– сокращение выбросов CO₂ на 50 % к 2050 г. по сравнению с уровнем 2003 г. с 23 Гт до 11,5 Гт, в том числе в странах ОЭСР – на 80 %;

– заключение ряда новых международных соглашений, которые заменят Киотский протокол, а также резкое усиление климатической политики на национальном уровне.

Сценарий энергетической революции предполагает [4, 5]:

– продолжение экономического роста, но при этом – очень быстрое развитие энергосбережения и переход на неэнергоёмкий путь развития;

– сохранение мирового энергопотребления к 2050 г. на современном уровне (предполагается слабое снижение – с 11,1 до 10,7 млрд т нефтяного эквивалента (н. э.), несмотря на рост населения с 6,5 до 9 млрд человек и рост экономики приблизительно в 3 раза;

– полное сворачивание мировой атомной энергетики к 2030 г. с мотивацией возможности аварий, нерешенности проблемы радиоактивных отходов и ОЯТ, угрозы распространения ядерного оружия и дороговизны;

– отказ от технологии улавливания и захоронения углерода (CCS) как дорогой, экологически опасной и бесполезной;

– формирование технологической базы мировой энергетики на основе возобновляемых источников энергии – солнечной (фотовольтаика и концентраторы солнечной энергии), ветровой, биомассы;

– достижение производством солнечной и ветровой энергии уровня конкурентоспособности по отношению к топливным источникам энергии после 2025 г. при выполнении ряда условий;

– достижение к 2030 г. стоимости энергии ВИЭ на уровне 30–60 % от современного, к 2050 г. – 20–50 %;

– активное развитие совместного производства тепла и электроэнергии и масштабная децентрализация энергетики;

– развитие распределенной генерации позволит достичь самообеспечения энергией локальными сообществами;

– создание электростанций на основе ВИЭ с высокой мощностью, в первую очередь ветровых и солнечных;

– развитие интеллектуальных энергетических систем и сетей будет ключевым направлением развития энергетики, что позволит управлять децентрализованной электроэнергетической сетью с распределенной генерацией и частично решить проблему нестабильности выработки электроэнергии ВИЭ;

– создание специальных систем аккумулирования энергии на базе гидроаккумулирующих станций или сжатия воздуха.

Авторы считают, что к 2030 г. ВИЭ могут обеспечить 35 % мирового первичного потребления энергии, а к 2050 г. – 55 %. В производстве электроэнергии доля ВИЭ вырастет с 18 % в 2007 г. (включая большую гидроэнергетику) до 70 % в 2050 г. (в том числе инновационные ВИЭ, без ГЭС и биомассы – 42 %), в производстве тепла – с 26 до 65 %. По мнению авторов, такой сценарий развития энергетики позволит существенно снизить затраты на ее функционирование за счет снижения потребления ископаемого топлива [4, 5].

Необходимо отметить ряд слабых мест этого сценария [1]:

– набор предлагаемых для использования технологий определяется в первую очередь экологическими соображениями;

– оценка снижения издержек построена на ретроспективных данных об удешевлении источников энергии по мере роста их установленной мощности. Но их экстраполяция в будущее некорректна в связи с неизбежным замедлением технологического прогресса по мере насыщения рынка. Кроме того, в этих оценках не учитываются косвенные затраты на создание аккумуляторов электроэнергии и перестройку электроэнергетических систем;

– обоснование возможностей столь значительного роста энергоэффективности в работе не приводится;

– авторы признают, что наиболее проблематичной сферой с точки зрения возможного отказа от ископаемого топлива является транспорт. Решение этой проблемы в сценарии не предлагается, но постулируется необходимость развивать все существующие альтернативные по отношению к нефтепродуктам технологии, хотя признается, что развитие биотоплива сопровождается многочисленными негативными побочными эффектами;

– расчеты стоимости всех указанных мер авторами не приводятся, что ставит под сомнение приведенные ими оценки о снижении стоимости электроэнергии и общих затрат на энергетику в сценарии энергетической революции по сравнению с базовым сценарием;

– требования значительных субсидий для возобновляемой энергетики противоречат оценкам себестоимости энергии ВИЭ, приводимым авторами. Согласно этим оценкам ВИЭ вполне конкурентоспособны по отношению к топливной энергетике.

Для реализации этого сценария авторы считают необходимым принять целый комплекс мер, в том числе:

1) отменить государственные субсидии для нефтегазовой, угольной и атомной отраслей во всех их формах;

2) создать механизм оплаты экстерналий, в первую очередь в форме платы за выбросы (на уровне 50–100 долл. за 1 т CO₂-эквивалента);

3) гарантировать возврат инвестированных в возобновляемую энергетику средств инвесторам;

4) предоставить возобновляемым источникам энергии приоритетное право доступа к электроэнергетическим сетям и приоритетное право сбыта;

5) предоставить субсидии, льготные кредиты, налоговые льготы и компенсации компаниям в области возобновляемой энергетики;

6) радикально ужесточить стандарты энергоэффективности во всех отраслях экономики и в сфере конечного потребления.

Необходимо отметить, что сценарий энергетической революции не является полноценным сценарием развития мировой энергетики, поскольку не учитывает всего комплекса энергетических проблем, а именно:

– геополитических проблем;

– неравномерности развития различных стран;

– изменения особенностей спроса;

– необходимости энергетического роста в развивающихся странах.

По существу, этот сценарий отражает только один из многих векторов развития мировой энергетики – экологический. Кроме того, ключевые предположения сценария: 1) о возмож-

ности немедленного прекращения роста энергопотребления при сохранении экономического роста, 2) о потенциале удешевления возобновляемой энергетики – представляются нереалистичными, что делает его реализацию практически невозможной. Тенденции энергетического развития в 2003–2010 гг. подтверждают эту точку зрения [1, 4].

Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 г. Института энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН). Прогноз развития мировой энергетики основан на использовании разрабатывавшегося в ИНЭИ РАН в течение 27 лет модельно-информационного комплекса «SCANER» [8]. Это инструмент системных исследований развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России как важной части национальной экономики и мировых энергетических рынков на средне- и долгосрочную перспективу (до 2030–2050 гг.). «SCANER» объединяет в себе большие массивы верифицированной и постоянно актуализируемой энергетической, экономической и технической информации, мощные аналитические средства и математические модели для комплексного прогнозирования и оптимизации развития энергетики страны и мира (по основным стадиям преобразования энергии – от производства около 20 видов первичных энергоресурсов до использования потребителями 10 основных энергоносителей).

Интегрированный прогноз развития мировой и отечественной энергетики ИНЭИ РАН [8, 9] показал, что наряду с ускоренным развитием неуглеродной энергетики (ВИЭ и, возможно, атомная энергетика) важной особенностью прогнозного периода станет широкое освоение нетрадиционных ресурсов углеводородов. Подобно развитию их глубоководной добычи в конце прошлого века это на десятилетия продлит доминирование нефти и газа в мировой энергетике при ценах, близких к современным.

Очередная отсрочка угрозы окончания «эры нефти» без опасного роста цен энергии, по мнению специалистов ИНЭИ, влечет за собой следующие серьезные последствия:

- снизится влияние основных факторов эксклюзивности углеводородов с обусловленными ими угрозами национальной энергетической безопасности и геополитическими конфликтами;
- изменится баланс сил на мировом нефтяном рынке с вероятным снижением роли картеля производителей;
- увеличится разрыв между ценами нефти и газа из-за развития конкуренции «газ-газ»;
- сократятся мотивы для государственных дотаций энергосбережения и использования дорогих возобновляемых источников энергии;
- уменьшатся шансы на проведение согласованной политики мирового сообщества по сокращению эмиссии парниковых газов, тем более, что уже в ближайшие годы будет пройдена «точка невозврата» в предотвращении приписываемого этому потепления климата;
- уменьшатся конкурентные и геополитические преимущества традиционных производителей нефти и газа.

Вместе с тем Прогноз позволил определить состав и количественные характеристики основных угроз развитию российской нефтяной и особенно газовой отраслей, которые для сохранения конкурентоспособности на внешних рынках должны расширить и улучшить свою сырьевую базу, освоить новые технологии разведки, добычи, транспорта и переработки углеводородов и существенно увеличить ассортимент товарной продукции. Потребуется пересмотреть Генеральные схемы развития этих отраслей, выбирая состав и мощности инвестиционных проектов по критериям экономической эффективности с уменьшением все менее действенных политических мотиваций и обусловленных ими мер государственной поддержки.

Прогноз также выявил причины и темпы проявления уже обозначившейся тенденции утраты российским ТЭК выполняемой почти 20 лет роли локомотива сначала удержания, а затем развития нашей экономики и важного инструмента геополитики. Это очерчивает временные рамки и показывает меру настоятельности смены стратегических целей и средств экономического развития России для сохранения ее в числе ведущих стран мира.

Прогнозы и сценарии развития мировой энергетики Института энергетической стратегии (ЗАО «ГУ ИЭС»). Отдельного внимания заслуживают основные положения прогноза развития мировой энергетики на период до 2050 г., опубликованные ИЭС [1, 7]. На основе анализа исторических и современных трендов специалистами ИЭС были разработаны прогнозы развития всех ключевых отраслей энергетики и динамики энергетического сектора в ведущих странах и регионах мира. Применяемый в работах института сценарный подход позволяет связать между собой тренды, наблюдаемые в различных регионах мира, в различных отраслях энергетики, а также согласовать технологические, энергетические, экономические, социальные и политические факторы. Анализ количественных оценок тенденций развития и перспективной структуры топливно-энергетического баланса сочетается с анализом современных тенденций развития мировой энергетики: перестройки энергетических рынков и корпоративной структуры энергетики, систем регулирования и геополитических приоритетов ведущих государств мира.

По утверждению ведущих специалистов ИЭС долгосрочные тренды мирового экономического и энергетического развития говорят о том, что в перспективе 2010–2050 гг. можно ожидать формирования новой энергетической цивилизации, основанной на энергетической эффективности в ее обобщенном понимании. Происходит выход мировой энергетики из режима гиперболического роста с соответствующим изменением ее качественных характеристик. Такой процесс требует перехода от неравновесной топливной энергетики к равновесной нетопливной. Этот переход по глубине сопоставим только с переходом от традиционной энергетики доиндустриального общества, основанной на сжигании биомассы, к индустриальной энергетике, основанной на сжигании ископаемого топлива.

Основные характеристики новой энергетической цивилизации будут состоять в следующем.

1. Переход ко «всеобщему производству энергии» на базе интеграции энергетики во все технические системы, включая как производственные, так и коммунальные («активный дом»).

2. Радикальное повышение управляемости энергетических потоков и переход от «силовой» энергетики к «умной» энергетике и интеллектуальным системам, начиная с электроэнергетических систем, а затем и в других отраслях энергетики. Происходит интеллектуализация энергетики, в ней снижается роль собственно технологических промышленных процессов и растет роль систем управления и информационных технологий. Одновременно меняются ведущие источники энергии.

3. Сдвиг от ископаемых топлив в пользу возобновляемых и новых источников энергии.

4. Существенное повышение энергоэффективности, причем ее рост станет устойчивым процессом и ключевым критерием энергетического развития.

5. Изменение организация энергетических рынков, совершится переход от рынков сырьевых товаров к рынку энергетических услуг, а затем к рынку энергетических технологий.

6. Создание крупнейшего сектора энергосервисных услуг по управлению энергосбережением и его оптимизации, который и станет основой для повышения энергоэффективности.

7. Формирование конкурентоспособных альтернатив моторному топливу на транспорте, которые займут значимую долю рынка и приведут к постепенному закату нефтяной эпохи.

8. Изменение структуры генерирующих мощностей в электроэнергетике за счет быстрого роста доли возобновляемой энергетики и быстрого прогресса соответствующих технологий. Радикально изменятся принципы организации электроэнергетических систем («умные» сети, децентрализация энергетики, интеграция ее с техносферой, управление энергопотреблением в режиме реального времени, технологии накопления и передачи электроэнергии и пр.). В энергетике ожидается быстрый прогресс в технологиях возобновляемой и атомной (реакторы на быстрых нейтронах) энергетики. Наконец, усилится роль наиболее квалифицированных видов энергопотребления.

Мир стоит на пороге энергетической революции, содержанием которой будет переход от индустриальной к постиндустриальной энергетике. В 2000-е гг. в развитых странах сформи-

ровались предпосылки энергетической революции. Энергетика индустриальной фазы – это крупные централизованные источники энергии на ископаемом топливе с ориентацией на валовой поток энергии. Энергетика постиндустриальной фазы – это децентрализованные источники энергии с ориентацией на использование энергии ВИЭ и управление потоком энергии. По сути, это переход от «силовой» энергетики к «умной».

Основные направления энергетической революции: энергосбережение; «умные» сети (шире – «умная» энергетика); электроэнергетические системы нового поколения; децентрализация энергетики; возобновляемые источники энергии; альтернативные виды энергообеспечения транспорта; углеводородные рынки. К настоящему времени каждое из указанных направлений – это крупная отрасль экономики (с оборотом в десятки и даже сотни миллиардов долларов), показывающая устойчивые и высокие темпы роста. Все эти направления прошли «точку невозврата» и вошли в стадию необратимого быстрого роста.

Переход к новой энергетической цивилизации в 2010–2050 гг. может происходить различными путями в зависимости от сценария развития мировой экономики [1, 7]. Сценарии формируются на основе методологии, учитывающей энергетические, технологические, экономические, экологические, политические, социальные факторы развития. Они являются способом «упаковки» сложного комплекса трендов.

Инерционный сценарий предполагает продолжение постиндустриальной фазы и острый кризис после 2030 г. из-за достижения пределов роста индустриальной фазы. Предполагается расширение индустриальной энергетики в развивающихся странах при медленном развитии постиндустриальной энергетики в развитых странах. В результате неизбежны быстрый рост спроса на энергоносители, в том числе на ископаемое топливо всех видов, рост противоречий на этой почве, ухудшение экологической ситуации. С точки зрения доминирующего энергоносителя этот сценарий можно назвать углеводородным.

Стагнационный сценарий предполагает управляемое развитие через экологическую парадигму и создание информационного общества. Стагнационный сценарий предполагает применение целого комплекса политических, экономических и правовых механизмов для борьбы с рисками инерционного сценария. Темпы энергетического роста в развивающихся странах будут существенно ниже.

Инновационный сценарий предполагает преодоление пределов роста индустриальной фазы и переход к новой фазе к 2030 г. Ключевой чертой новой фазы должно стать комплексное развитие человека и связанных с ним технологий – биологических, информационных, социальных, когнитивных. Инновационный сценарий предполагает формирование энергетики нового типа в развитых и в некоторых лидирующих развивающихся странах. Это позволит обеспечить снижение геополитических и экологических рисков, повысить качество энергообеспечения, создать новые технологические возможности для конечного потребителя.

Сопоставление с прогнозами других исследовательских организаций. Сопоставление рассмотренных выше сценариев развития мировой энергетики с прогнозами других исследовательских организаций показывает наличие глубоких расхождений между сценариями по базовому параметру – прогнозируемому объему потребления энергии (рис. 1) [1, 7].

Расхождение на 2050 т между крайними сценариями других исследовательских организаций (A1B IPCC (Межправительственная группа экспертов по изменению климата) и сценарием энергетической революции «Гринпис») достигает 3,3 раза. Последний сценарий представляется нереалистичным, однако даже без его учета расхождение достигает 1,8 раза. Обращает на себя внимание, что сценарии IPCC, используемые в прогнозе изменения климата, исходят из максимальных оценок величины энергопотребления в будущем. В то же время сценарии «Шелл» и инерционный сценарий «Гринпис» указывают на близкие значения энергопотребления (19,5–22,5 млрд т н. э.), а целевой сценарий Международного энергетического агентства (МЭА) – на несколько более высокое энергопотребление (25,7 млрд т н. э.). Уровень 19,5–22,5 млрд т н. э. – консенсусный прогноз в рамках инерционного сценария.

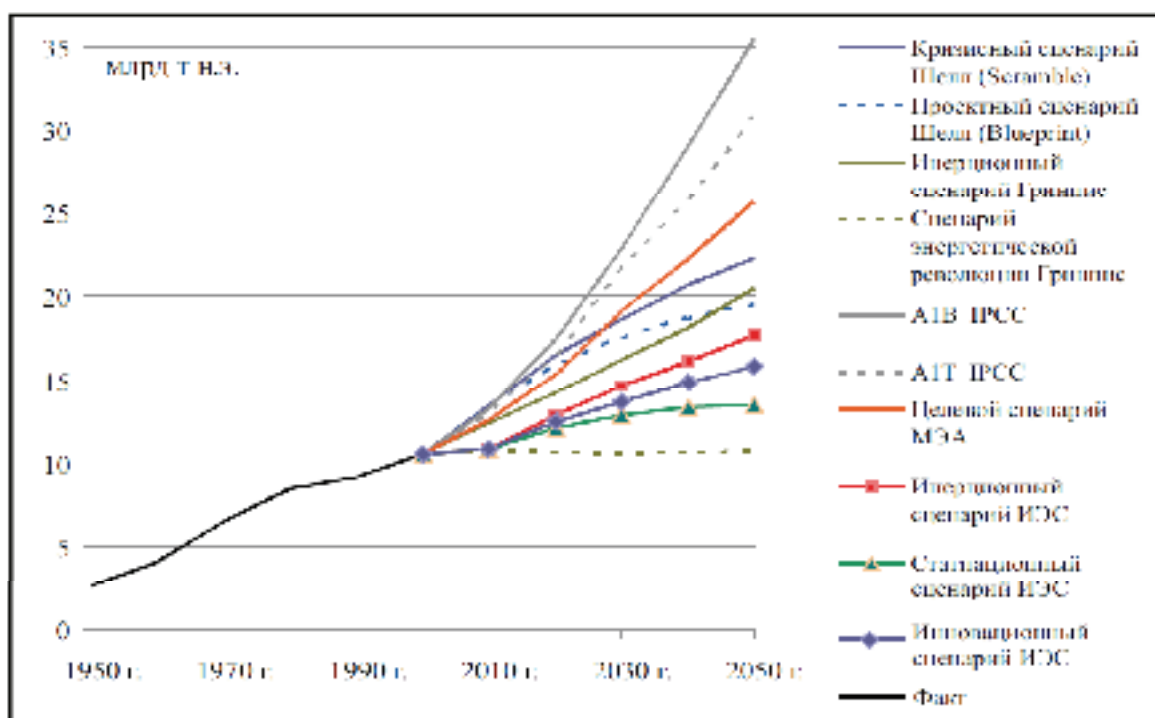


Рис. 1. Динамика мирового потребления первичной энергии, млрд т н. э.

Анализ ожидаемых темпов прироста потребления энергии показывает, что сценарии ИРСС, особенно А1В, предполагают в 2010–2050 гг. сохранение темпов роста, достигнутых в первой половине 2000-х гг. и существенно превышающих уровень 1980–1990-х гг. С учетом прохождения ключевыми развивающимися странами стадии энерго- и материалоемкой индустриализации и неизбежной смены модели развития столь высокие темпы роста представляются нереалистичными. В то же время сценарий энергетической революции «Гринпис», предполагающий стагнацию энергопотребления, противоречит всем сложившимся трендам мирового развития и практически невозможен.

Как можно видеть, предлагаемый ИЭС инерционный сценарий несколько ниже большинства «оптимальных» сценариев других исследовательских организаций и намного ниже сценариев ИРСС. Он учитывает то, что потенциал индустриализации в развивающихся странах конечен. Стагнационный и инновационный сценарии также отличаются низкими объемами потребления энергии. Таким образом, одним из ключевых выводов исследования ИЭС является то, что потенциал дальнейшего роста потребления энергии ниже, чем предполагается в большинстве прогнозов.

Несмотря на медленные изменения структуры энергетики в прошлом, форсайтные исследования отличаются высоким разнообразием прогнозов структуры мировой энергетики в будущем (рис. 2) [7].

Это свидетельствует о вступлении мировой энергетики в полосу кризиса, когда ее структура может претерпеть резкие изменения. Сценарии «Гринпис» носят крайний характер. Сценарии «Шелл» оптимизированы в первую очередь с экономической точки зрения, а не с экологической, что и приводит к высокой доле угля. Напротив, сценарии ИРСС и МЭА предполагают рост доли газа до 26–27 % и повышение доли атомной энергетики до 10–15 %. Эти сценарии, как и сценарии «Шелл», предполагают достижение доли ВИЭ в ТЭБ в размере 17–22 %.

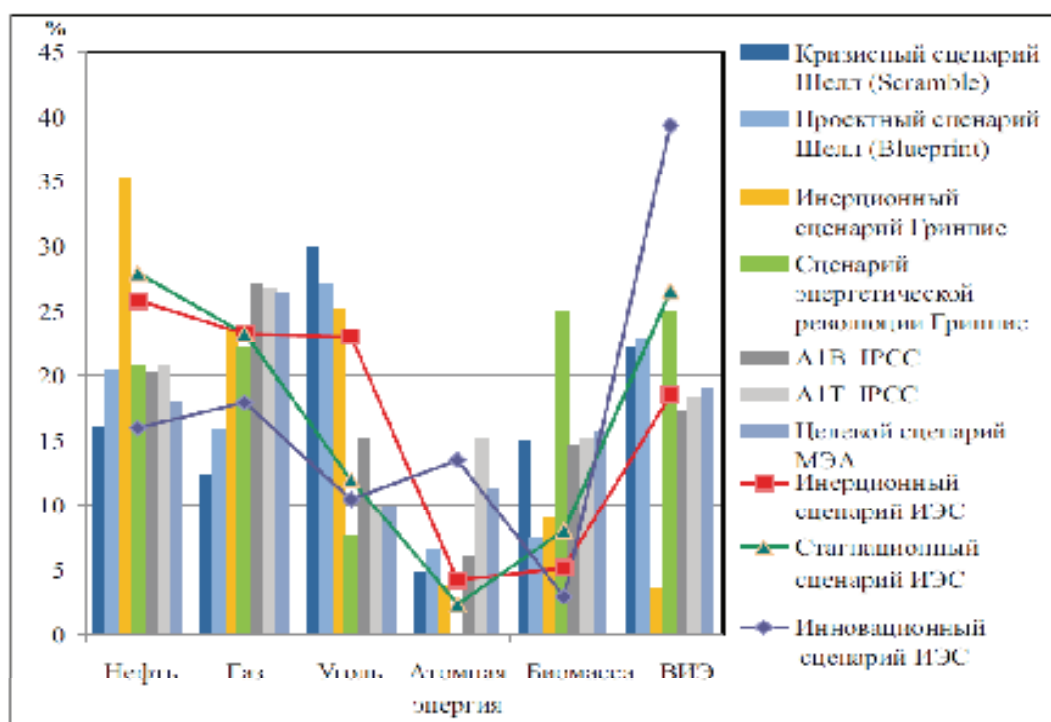


Рис. 2. Структура мирового потребления первичной энергии в 2050 г., %

Если рассматривать наиболее реалистичные сценарии, то ключевая неопределенность в структуре мировой энергетики состоит:

1) в соотношении потребления угля и природного газа (от 2,5:1 у «Шелл» до 1:2,5 у МЭА и IPCC; 2) в доле атомной энергетики (от 3,7 до 15,1 %). При этом снижение доли нефти с 35 до 25 %, рост доли биомассы с 7,4 до 15 % (при переходе от традиционных видов биомассы к новым ее видам) и рост доли ВИЭ с 6 до 17–22 % являются консенсусным прогнозом.

Предлагаемый ИЭС инерционный сценарий по структуре потребления первичной энергии лежит вполне в русле других сценариев, но для него характерна высокая доля нефти. Стагнационный сценарий ИЭС отличается пониженной по сравнению с большинством прогнозов долей угля и атомной энергии при повышенной доле ВИЭ. Наконец, предлагаемый ИЭС инновационный сценарий предполагает весьма высокую долю ВИЭ и атомной энергии при низкой доле биомассы. Этот сценарий не имеет явных аналогов у других исследовательских организаций.

По абсолютным объемам потребления прогнозы предполагают слом тренда роста потребления всех видов ТЭР (рис. 3). Сценарии IPCC отличаются очень высокими общими объемами энергопотребления. Для этого необходим ежегодный рост потребления нефти в 2005–2050 гг. на 1,0–1,3 %, а природного газа – на 2,7–3,0 %, что равно или несколько выше рекордных с 1970 г. темпов роста 2000–2005 годов. Вероятность сохранения таких темпов на протяжении 50 лет, с учетом периодических кризисов, является весьма низкой. Осторожные оценки компании «Шелл» и МЭА предполагают, что к 2050 г. потребление нефти изменится не более чем на 15 % и составит 3,6–4,6 млрд т н. э. Высокий уровень потребления энергии в сценариях IPCC и МЭА требует также высоких объемов потребления ВИЭ и биомассы.

Оценки перспектив угольной и атомной энергетики резко различаются в зависимости от сценария, поскольку эти источники энергии: 1) в отличие от нефти имеют альтернативу; 2) подвергаются критике с экологической точки зрения; 3) будущее атомной энергетики

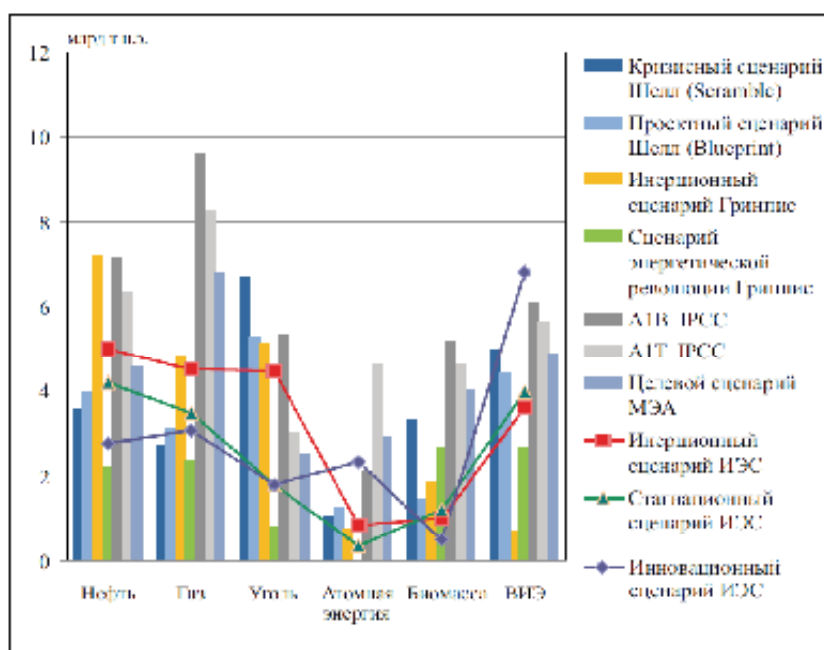


Рис. 3. Мировое потребление первичной энергии в 2050 г., млрд т н. э.

зависит от создания новой технологической платформы – реакторов на быстрых нейтронах и замкнутого ядерного топливного цикла.

В сценариях «Шелл» и сценарии A1B предполагается рост угольной энергетики более чем в 2 раза, с 2,9 до 5,9–6,3 млрд т н. э., при этом в сценариях «Шелл» атомная энергетика вырастет менее чем в 2 раза. Напротив, сценарии A1B, A1T и МЭА предполагают резкий рост атомной энергетики (в 3–7 раз, с 0,7 до 2,1–4,7 млрд т н. э.). Последняя цифра требует годовых темпов роста на уровне 4,4 %, что возможно только при реализации общемировой программы строительства АЭС, превосходящей по масштабам программы 1980-х гг., что маловероятно.

Таким образом, консенсус-прогноз будущего мировой энергетики к 2050 г. представляется следующим [1,7]:

1. Потребление нефти изменится на 10–15 % по сравнению с современным уровнем (4,0 млрд т н. э.), причем возможен как рост, так и снижение.

2. Потребление природного газа возрастет в 2–2,5 раза до 5–6 млрд т н. э., что резко повысит значение газа в энергетике, экономике и политике.

3. Потребление угля может вырасти в 2 раза до 6 млрд т н. э. из-за роста спроса на энергоносители в развивающихся странах, но может и снизиться из-за ужесточения экологических ограничений.

4. Потребление биомассы и ВИЭ возрастет в 3–4 раза до уровня 2,5–3,0 млрд т н. э. для каждого из этих видов.

5. Перспективы атомной энергетики зависят в первую очередь от политических решений, но в настоящее время представляется наиболее реалистичным прогноз роста производства атомной энергии в 1,5–2,5 раза.

6. Как следствие, к 2050 г. структура мировой энергетики станет значительно более диверсифицированной. Общий объем потребления энергии составит 19–23 млрд т н. э. Следует подчеркнуть, что эти оценки относятся к консенсусному прогнозу ряда западных исследовательских организаций в рамках инерционной траектории развития.

Предлагаемый ИЭС инерционный сценарий предполагает умеренный рост потребления нефти, природного газа и угля и высокие темпы роста потребления ВИЭ. Стагнационный сценарий ИЭС предполагает существенное снижение потребления угля и атомной энергии, стабилизацию потребления нефти, умеренный рост потребления природного газа. Рост потребления ВИЭ приблизительно соответствует инерционному сценарию (повышенная доля ВИЭ компенсируется пониженным энергопотреблением). Наконец, предлагаемый ИЭС инновационный сценарий предполагает особенно резкий рост производства энергии ВИЭ и атомной энергии при умеренном слабом росте потребления природного газа и спаде потребления других видов топлива.

Сценарии ИЭС предполагают существенно меньший потенциал роста потребления ископаемого топлива, чем в работах других исследовательских организаций, причем даже в инерционном сценарии. Ученые ИЭС не ожидают резкого роста спроса на какой-либо из видов ископаемого топлива. В атомной энергетике имеется высокая неопределенность: возможен как рост, так и спад. Напротив, перспективы роста возобновляемой энергетике оцениваются ИЭС существенно выше, чем у большинства исследователей. При этом потенциал роста потребления биомассы представляется сравнительно ограниченным.

Таким образом, период фронтального роста энергопотребления завершается, а переход к новой энергетической цивилизации представляется, по мнению специалистов ИЭС, неизбежным.

Общий анализ разработанных сценариев будущего мировой энергетике с методологической точки зрения показывает следующее [1]:

- весьма слабо представлены кризисные, конфликтные и катастрофические сценарии;
- практически отсутствуют сценарии инновационного прорыва;
- большая часть сценариев ориентируется исключительно на экологические факторы и игнорирует внутренний кризис индустриальной фазы, включая индустриальную энергетику;
- как правило, не раскрывается организационное, рыночное, институциональное и политическое содержание сценариев;
- авторами форсайтов осознана роль ценностей и общественных приоритетов в энергетическом развитии, однако часто игнорируются объективные ограничения развития;
- технологическое развитие представлено в инерционной и либеральной логике, согласно которой инновации обеспечивают рынок; реализация крупных технологических проектов с участием государства не рассматривается;
- форсайты, как правило, бессубъектны; не указываются ключевые решения и игроки, приводящие к их реализации;
- форсайты отличаются евро- и американоцентризмом при игнорировании процессов в развивающихся странах и потребностей их развития;
- доминирует концепция устойчивого развития, что приводит к ограничению перспектив технологического и социального развития в сценариях.

С содержательной точки зрения необходимо отметить следующее:

- авторы форсайтов рассматривают глобализацию как проблематичный тренд, который может как усилиться, так и развернуться в сторону регионализации;
- авторы делают акцент на энергетической безопасности и экологических вопросах в ущерб экономическому развитию;
- консенсус-прогноз состоит в удвоении спроса на энергию к 2050 г. по сравнению с 2000 г. при повышении энергоэффективности вдвое;
- авторы неявно признают, что экологический тренд в мировой энергетике пока является искусственным, а не естественным, поэтому в большинстве сценариев предполагается усиление государственного регулирования энергетики;

– вопрос о возможности длительного проведения такого дорогостоящего регулирования, в том числе в условиях кризиса, не рассматривается;

– наиболее близки к инновационно-революционной группе именно те сценарии, которые отличаются наименее активным государственным регулированием;

– существует ряд трендов, которые рассматриваются в качестве безальтернативных во всех сценариях, а именно рост населения и урбанизация в развивающихся странах, экономический рост, индустриализация в различных моделях, достаточность запасов ископаемого топлива, рост потребления энергии при росте энергоэффективности;

– вместе с тем далеко не во всех сценариях адекватно учтены последствия этих процессов, особенно в развивающихся странах.

Следовательно, проведенные исследования будущего мировой энергетики обладают как существенными достоинствами, так и значимыми недостатками. Это требует проведения углубленного анализа будущего мировой энергетики, в котором должны адекватно учитываться: 1) возможности революционного технологического развития; 2) проблемы развивающихся стран; 3) риски экономического, социального и технологического развития.

Заключение. Рассмотренные выше сценарии и прогнозы развития мировой энергетики создают для России как значительные риски, так и новые возможности.

В *инерционном сценарии* набор рисков будет традиционным: конкурентная борьба на мировых энергетических рынках, геополитическое соперничество за контроль над районами добычи и путями транспортировки энергоносителей, угрозы национальному суверенитету, терроризм и локальные конфликты, техногенные аварии, риски технологического отставания российской энергетики от мирового уровня, моральное и физическое старение оборудования. Эти риски находятся в поле государственной энергетической политики и в той или иной степени преодолеваются. Также реализуются заложенные в этом сценарии возможности наращивания экспорта энергоносителей, особенно в страны Азии.

Но *стагнационный и инновационный сценарии* содержат в себе принципиально новые вызовы, которые практически не учитываются в современной государственной энергетической политике. В стагнационном сценарии это вызов климатических изменений и климатической политики. С одной стороны, Россия пока не принимает достаточных мер для перехода к неуглеродной энергетике, что делает ее позиции в системе мирового климатического регулирования весьма уязвимыми (системы квот на выбросы, штрафы за их превышение, снижение экспорта ископаемого топлива, возможные тарифные и нетарифные ограничения на поставки углеродоемкой продукции и пр.). С другой стороны, Россия почти не использует потенциал углеводородных рынков, в частности «проектов совместного осуществления» (ПСО) в рамках Киотского протокола. В России весьма слабо развивается индустрия возобновляемых источников энергии, энергосервисных и энергосберегающих услуг, несмотря на их значительный рыночный потенциал.

Наконец, инновационный сценарий создает крайне серьезный риск глубокого технологического отставания. Развитие энергетики в России и государственная политика в этой области, включая Энергетическую стратегию России на период до 2030 г., выдержаны в духе индустриальной энергетики и ориентированы на наращивание добычи ископаемого топлива и энергетических мощностей. Недостаточное внимание уделяется ключевым направлениям в создании энергетики нового типа – «умным» сетям, управлению энергопотреблением и энергоинформационным системам, технологическому энергосбережению, децентрализации энергоснабжения. Между тем инновационный потенциал России позволяет использовать возможности этого сценария для повышения эффективности национальной экономики и энергетики.

Для преодоления вызовов будущего необходимо создание энергетики постиндустриального типа и формирование благоприятных условий для развития ее новых направлений.

Список литературы

1. Глобальная энергетика и устойчивое развитие. Мировая энергетика-2050 (Белая книга). Под ред. В.В. Бушуева (ИЭС), В.А. Каламанова (МЦУЭР). М. ИД Энергия, 2011. 360 с.
2. Сценарии «Новый взгляд на будущее» компании «Шелл интернешнл БВ», 2013.
3. Available at: <http://pronedra.ru/energy/2013/10/07/prognoz-statoila>.
4. The global energy [r]evolution 2010. Greenpeace, 2010.
5. Технологическая картина мировой энергетике до 2050 г. И.Э. Шкрадюк. Центр охраны дикой природы; В.А. Чупров. Гринпис России, 2010.
6. Перспективы энергетических технологий. В поддержку Плана действий «Группы восьми». Сценарии и стратегии до 2050 г. ОЭСР/МЭА, WWF России (перевод на русский язык, ред. часть 1 А. Кокорин, часть 2 Т. Муратова. М. 2007. 586 с.
7. Тренды и сценарии развития мировой энергетике в первой половине XXI века / А.М. Белогорьев, В.В. Бушуев, А.И. Громов, Н.К. Куричев, А.М. Мастепанов, А.А. Троицкий. Под ред. В.В. Бушуева. М.: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2011. 68 с.
8. Макаров А.А., Митрова Т.А., Кулагин В.А. Долгосрочный прогноз развития энергетике мира и России, Экономический журнал ВШЭ, № 2, 2012.
9. Прогноз развития энергетике мира и России до 2035 г. ИНЭИ РАН, РЭА, 2012.

References

1. *Global'naya energetika i ustoichivoe razvitie. Mirovaya energetika—2050 (Belaya kniga). Pod red. V.V. Bushueva (IES), V.A. Kalamanova (MTsUER). ID «Energiya», 2011. 360 s* [Global Energy and Sustainable Development. World Energy—2050 (White Paper). Ed. V.V. Bushueva (PWI), V.A. Kalamanova (ISED). Moscow: Publishing House «Energy», 2011, p. 360].
2. *Stsenarii «Novyi vzglyad na budushchee» kompanii «Shell interneshnl BV», 2013* [Scenarios «Reshaping the Future» company «Shell International BV» in 2013].
3. Available at: <http://pronedra.ru/energy/2013/10/07/prognoz-statoila>.
4. The global energy [r]evolution 2010. Greenpeace, 2010.
5. Shkradyuk I.E., Chuprov V.A. (2010) *Tekhnologicheskaya kartina mirovoi energetiki do 2050* [Technological picture of World Energy 2050], *Tsentr okhrany dikoi prirody, Grinpis Rossii* [Wildlife Conservation Center, Greenpeace Russia].
6. *Perspektivy energeticheskikh tekhnologii. V podderzhku Plana deistvii «Gruppy vos'mi». Stsenarii i strategii do 2050 g.* [Energy Technology Perspectives. In support of the Action Plan of the «Group of Eight». Scenarios and Strategies to 2050], *OESR/MEA, WWF Rossii (perevod na russkii yazyk, red. chast' 1 A. Kokorin, chast' 2 T. Muratova)* [OECD, IEA, WWF Russia (Russian translation, ed. A. Kokorin, Part 1, ed T. Muratov, Part 2 T.)], Moscow, 2007, p. 586.
7. Belogoriev A.M., Bushuyev V.V., Gromov A.I., Kurichev N.K., Mastepanov A.M., Troitskiy A.A. Ed. Bushueva V.V. (2011) *Trendy i stsenarii razvitiya mirovoi energetiki v pervoi polovine XXI veka* [Trends and scenarios of global energy development in the first half of XXI century], *ID «ENERGIYA»* [ID «ENERGY»], Moscow, p. 68.
8. Makarov A.A., Mitrova T.A., Kulagin V.A. (2012) *Dolgosrochnyi prognos razvitiya energetiki mira i Rossii* [Long-term forecast of the energy world and Russia], *Ekonomicheskii zhurnal VShE* [HSE Economic Journal], no. 2.
9. *Prognos razvitiya energetiki mira i Rossii do 2035 g.* [Outlook for Energy and Russia to the world in 2035], *INEI RAN, REA, 2012* [ERI RAS, CEA, 2012].