

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД КАК ГЕНЕРАЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО



А.М. Мастепанов

В статье рассмотрены вопросы перехода человечества к энергетике будущего, получившего название «энергетического перехода» – Energy Transition (или энергетической трансформации – Global Energy Transformation). Показаны причины необходимости этого перехода, возможности и условия его реализации. Дан анализ основных концепций, постулатов, сценарий и дорожных карт, направленных, показаны его возможные результаты: объёмы и структура глобального энергопотребления, динамика эмиссии диоксида углерода. Сделаны выводы, что постановка вопроса о необходимости перехода к инновационной, экологически чистой (устойчивой) энергетике вполне закономерна, но полная реализация концепции энергетического перехода к середине текущего столетия представляется маловероятной в силу высокой степени неопределённости в развитии всех составных частей этого процесса. Высказано мнение о тех дополнительных условиях, которые, по мнению автора, необходимы для успешной реализации энергетического перехода, показано его возможное влияние на экономику России.

Глобальное потепление, причины которого даже специалистам пока ещё далеко не совсем понятны¹, но последствия представляются весьма угрожающими самому существованию всей человеческой цивилизации², относится к числу важнейших факторов, влияющих на развитие мировой энергетики. Именно под воздействием этого фактора родилась и получила широкое распространение концепция так называемого энергетического перехода – Energy Transition (или энергетической трансформации – Global Energy Transformation), под которым понимается переход человечества к экологи-

чески чистой энергетике (и экономике в целом) в целях устойчивого развития и предотвращения негативных изменений климата нашей планеты. Тем самым экологическая составляющая становится движущей силой развития энергетической политики в большинстве стран, направленной на решение проблемы изменения климата путём перехода к малоуглеродной и безуглеродной энергетике, поскольку потребление и производство энергии составляют около двух третей глобальных выбросов парниковых газов [4].

Как было показано в [5], в настоящее время в международных

научно-аналитических и экспертных кругах рассматривается целый ряд различных концепций, постулатов, сценариев и дорожных карт, направленных на обеспечение такого перехода в глобальном масштабе. Наиболее известны из них следующие:

- постулаты Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) «Преобразование глобальной энергетической системы: дорожная карта до 2050 г.» (Global energy transformation: A roadmap to 2050) – издания 2018 и 2019 гг.;
- инициатива Всемирного экономического форума по содействию

эффективному энергетическому переходу (World Economic Forum Fostering Effective Energy Transition initiative);

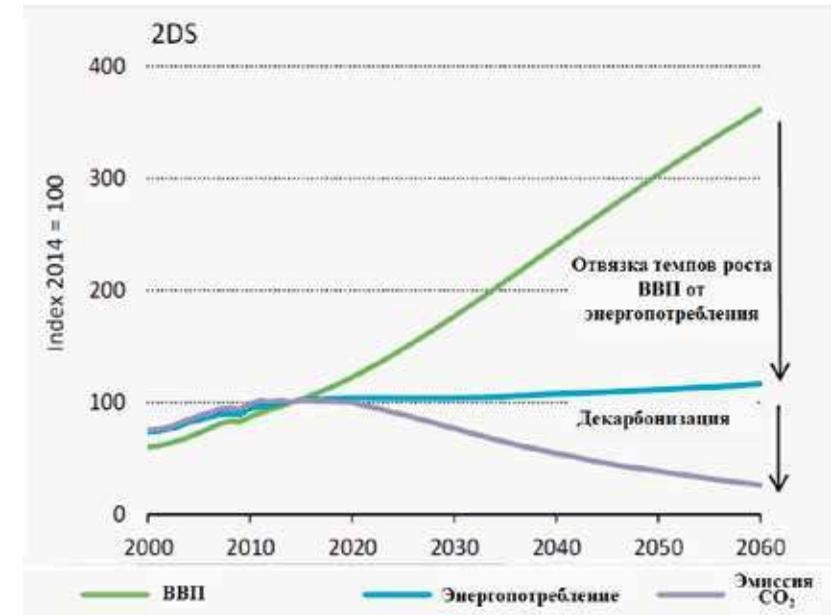
- концепция энергетического перехода международного сертификационного и классификационного общества DNV GL;
- Сценарий устойчивого развития МЭА и др.

Общим для всех этих исследований является то, что энергетический переход трактуется как комплекс инновационных мероприятий в ходе индустриальной трансформации всего общества; как процесс, определяющий средне- и долгосрочную эволюцию энергетических систем на базе значительного расширения применения ВИЭ и соответствующего сокращения использования ископаемого топлива, прежде всего угля и нефти, при одновременном существенном росте эффективности использования энергоресурсов/энергии по всей цепочке от производства до конечного потребления [5].

Хорошей иллюстрацией такого подхода к решению климатических проблем является разработанный МЭА в 2017 г. климат ориентированный сценарий развития мировой энергетики, обеспечивающий ограничение будущего глобального повышения температуры на поверхности Земли до 2 °С к 2100 г. – 2 °С Scenario (или 2DS) (рис. 1).

Возможное воздействие энергетического перехода на перспективы развития мировой нефтегазовой отрасли были рассмотрены нами в целом ряде работ,³ в этой же статье проанализируем ожидаемые идеологами энергетического перехода результаты его реализации.

Высший приоритет энергетического перехода – декарбонизация (decarbonization) энергетики, подразумевающая резкое сокращение эмиссии CO₂ и стабилизацию глобальных выбросов парниковых газов, прежде всего – того же диоксида углерода, в целях предотвращения негативных изменений климата нашей планеты. Этот приори-



Источник: [6]

Рис. 1. Динамика глобального ВВП, спроса на первичные энергоресурсы и выбросов углекислого газа

Таблица 1. МПТ: прогноз развития мирового энергопотребления, экскаджоулей в год

Вид энергии	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Уголь	140,5	153,6	148,5	156,5	155,2	159,5
Нефть	175,9	182,6	189,3	208,4	227,9	249,2
Природный газ	109,0	118,0	124,4	152,2	176,3	191,4
Атомная энергия	27,6	27,3	30,7	40,0	48,7	73,2
Гидроэнергия	31,3	32,9	37,6	43,3	52,5	63,6
Прочие ВИЭ	9,8	11,6	18,0	33,1	48,5	65,0
ВСЕГО	494,1	526,0	548,5	633,5	709,1	801,9
Объём эмиссии CO ₂ , млрд т	30,9	33,1	33,4	36,9	39,4	42,1

Источник: по данным [14]

тет обеспечивается целым рядом мер, базирующихся на быстром развитии и распространении новых технологий, технологических решений и инноваций⁴. Важнейшими из этих мер (они же – и цели энергоперехода) являются:

- рост энергоэффективности и связанные с ним замедление темпов роста энергопотребления и снижение общего энергопотребления в мире;

- резкое сокращение потребления ископаемых видов топлива;
- рост использования возобновляемой энергии.

Другими декларируемыми приоритетами перехода к экологически чистой энергетике по замыслу идеологов этой концепции являются полное удовлетворение будущего спроса на энергию, обеспечение всеобщего

*Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2019 - 2021 годы. Раздел IX «Науки о Земле»; направления фундаментальных исследований: ПФНИ № 132 «Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья», в рамках государственного задания по темам «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования)», Рег. номер учёта в РосРИДе: АААА-А19-119013190038-2

Алексей Михайлович Мастепанов, д. э. н., Институт проблем нефти и газа РАН, заместитель директора, Институт энергетической стратегии, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва.

¹ В «Экологическом вестнике России» уже отмечалось, что «специалистам ещё предстоит детально разобраться в этом явлении, его причинах и тенденциях развития [1]. До сих пор учёные со 100% уверенностью не могут сказать, какие причины вызывает современные климатические изменения, скорее всего, имеет место действия многих факторов. Планета Земля настолько сложная система, что существует множество факторов, которые прямо или косвенно влияют на климат планеты, ускоряя или замедляя глобальное потепление. Подробнее см., напр. [2].

² Так, по оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата – МГЭИК (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), сделанной в 2018 г., если глобальное потепление продолжится в нынешнем темпе, повышение температуры на 1,5 °С выше доиндустриального уровня может произойти уже в 2030 г., вызвав катастрофическую засуху, наводнения и нищету [3].

³ См., напр., [5,7].

⁴ Отметим, что энергетический переход (а сейчас это, прежде всего, политическая цель) стал возможен в результате целого ряда технологических инноваций, достигнутых в начале XXI века в энергетическом секторе мировой экономики. В области производства энергии – это солнечная фотовольтаика, масштабное использование энергии ветра и первые успехи накопителей энергии, эффективная добыча нетрадиционных ресурсов нефти и газа. В сфере энергопотребления – развитие электрических транспортных средств и рост энергоэффективности. И там, и там – цифровизация производственных процессов и другие достижения 4-й промышленной революции [5]. В рассматриваемой перспективе (до 2040-2050 гг.) в числе важнейших технологий, которые должны обеспечить энергетический переход, называют технологию накопления и хранения энергии, водородную энергетику, внедрение цифровых и интеллектуальных систем в электроэнергетике, технологии улавливания, утилизации и хранения углерода (CCUS) и др. Подробнее см. [6].

доступа к надёжной и «чистой» электро-энергии и др. [5].

Конечным результатом энергетического перехода, алогеем «энергетической революции», должна стать трансформация глобальной энергетической системы из системы, повсеместно основанной на ископаемом топливе, в систему, основанную на возобновляемой энергии.

Рассмотрим, какими видятся ожидаемые результаты достижения этих приоритетов/целей в исследованиях (прогнозных сценариях) основных идеологов энергетического перехода в сравнении с их же прогнозами/сценариями традиционного развития энергетики, а также с прогнозами других исследовательских центров⁵.

Цель 1. Рост энергоэффективности и снижение общего энергопотребления в мире.

В основных прогнозах и сценариях, исходящих из инерционного развития мировой экономики и энергетики, неизменности существующей энергетической политики и пролонгирующих сложившиеся тенденции (назовём их условно консервативными), в предстоящие десятилетия ожидается как определённый рост энергоэффективности во всех секторах мировой экономики, так и продолжение роста глобального потребления первичных энергоресурсов, хотя и более медленными темпами, чем в предыдущем периоде.

Так, на уровне 2040 г. в Сценарии текущих политик МЭА (IEA: SPS Scenario World Energy Outlook – WEO-2018) суммарное энергопотребление в мире составит 19,3 млрд т н.э., что на 38% (почти на 5,4 млрд т н.э.) больше, чем в 2017 г. [8]. В Базовом сценарии Секретариата ОПЕК (World Oil Outlook 2018) – 364,7 млн барр. н.э./сут., то есть порядка 18,1 млрд т н.э. [9]. Практически такая же величина (18,164 млрд т

н.э.) фигурирует и в Базовом сценарии (Reference Scenario) Института экономики энергетики Японии (Institute of Energy Economics, Japan – IEEJ) [10], а в прогнозе IEO-2018 Управления энергетической информации США (US EIA) – 739 квадриллионов Британских тепловых единиц – квадран. БТЕ (свыше 18,6 млрд т н.э.) [11]. Гораздо ниже – в 17,2 млрд т н.э. – ожидают этот показатель специалисты ИНЭИ РАН и Московской школы управления СКОЛКОВО [12].

На уровне 2050 г. Управлением энергетической информации США (IEO-2017) глобальное энергопотребление ожидается в объёме 813,7 квадран. БТЕ или 20,5 млрд т н.э. [13], а IEEJ – 19,3 млрд т н.э. Практически аналогичная динамика глобального энергопотребления прогнозируется и в исследованиях Массачусетского технологического института, США (MIT) – до 19,2 млрд т н.э. к 2050 г. [14]⁶ (табл. 1).

В прогнозах и сценариях, ориентированных на рост энергоэффективности более высокими темпами, продолжающееся развитие технологий, учёт заявленных политических амбиций, в том числе, связанных с Парижским соглашением по климату (назовём условно их продвинутыми), ожидаемый в перспективе объём глобального потребления первичных энергоресурсов ниже. Так, на уровне 2040 г. в Сценарии новых политик (NPS Scenario) WEO-2018 оно составит 17,7 млрд т н.э., что на 8,5% (на 1,6 млрд т н.э.) меньше, чем в Сценарии текущих политик. При этом рост мирового спроса на энергоресурсы хотя и замедляется, но не достигает пика до 2040 г. [8]. В прогнозе норвежской энергетической компании Equinor (Equinor ASA)⁷ мировой спрос в 2040 г. ожидается в пределах 16,6 – 17,2 млрд т н.э. (сценарии Reform и Rivalry, соответственно) [16], в прогнозе компании

ЭксонМобил – 17,2 млрд т н.э. [17]. В исследовании Wood Mackenzie «Обзор энергетического перехода. Призыв к действию для мировой энергетической отрасли», опубликованном в августе 2019 г., спрос на энергоресурсы оценивается в 16,1 млрд т н.э. [18].

В соответствии с прогнозом McKinsey Energy Insights, глобальное потребление первичных энергоресурсов в 2050 г. составит только 15,5 млрд т н.э. [19]. В Базовом сценарии постулатов IRENA глобальный спрос на энергоресурсы в том же 2050 г. ожидается в объёме 700 эксаджоулей в год, то есть порядка 16,7 млрд т н.э. [20], а в Сценарии передовых технологий (Advanced Technologies Scenario) IEEJ – 17,0 млрд т н.э. [10]. В упомянутых выше сценариях компании Equinor к 2050 г. он возрастает до 17,1 и 17,7 млрд т н.э., соответственно⁸.

В сценариях и дорожных картах, направленных на обеспечение энергетического перехода, перспективный объём глобального потребления первичных энергоресурсов существенно ниже. Так, в 2040 г., согласно сценарию Renewal компании Equinor он должен составить 13,5 млрд т н.э. [16]; в Сценарии устойчивого развития МЭА (SDS Scenario WEO-2018) он оценивается в 13,7 млрд т н.э.; в альтернативном сценарии Секретариата ОПЕК («Sensitivity B» World Oil Outlook 2018) – в 14,2 млрд т н.э. (420 млн барр. н.э./сут.); в прогностическом исследовании «Energy Transition Outlook 2018. A global and regional forecast to 2050» компании DNV GL – в 15,3 млрд т н.э. (639 эксаджоулей в год) [22], а в сценарии «Энергопереход» Прогноза развития энергетики мира и России ИНЭИ РАН – Московской школы управления СКОЛКОВО – 15,9 млрд т н.э. [12].

⁵ Отметим, что разработчики подобных прогнозов обычно подчеркивают, что их прогнозы – это не прогнозы, а анализ возможных сценариев развития (см., напр., [8]). Но в данном случае прогностической сущности этих исследований подобные заявления не меняют.

⁶ Необходимо отметить, что сравнение итоговых результатов прогнозов и сценариев, выполненных различными организациями, носит достаточно условный характер, так как эти прогнозы базируются на разной методологии, альтернативных системах измерения, оперируют разной структурой энергопотребления. Так, одни из них включают только рыночные, товарные энергоносители, то есть не учитывают сельскохозяйственные отходы и другие подобные виды биомассы, а также бытовые отходы, другие – учитывают их. Кроме того, в них по-разному определяются «состав» отдельных источников энергии, охватываются различные временные горизонты и географические пространства. Подробнее об этом см. [15].

⁷ Equinor ASA ранее называлась Statoil ASA (2009-2018) и StatoilHydro (в 2007-2009).

⁸ Отметим, что практически такие же уровни энергопотребления компания, тогда ещё Statoil, прогнозировала и в 2017 г.: 16,9 и 18,0 млрд т н.э., соответственно [21].

К 2050 г. в сценарии Renewal компании Equinor глобальное энергопотребление снижается до 12,8 млрд т н.э. При этом спрос на нефть достигает максимума в начале 2020-х гг., а затем снижается до 100 млн барр./сут. (4424 млн т н.э.), в 2025 г. и до менее 60 млн барр./сут. (2654 млн т н.э.) – в 2050 г.

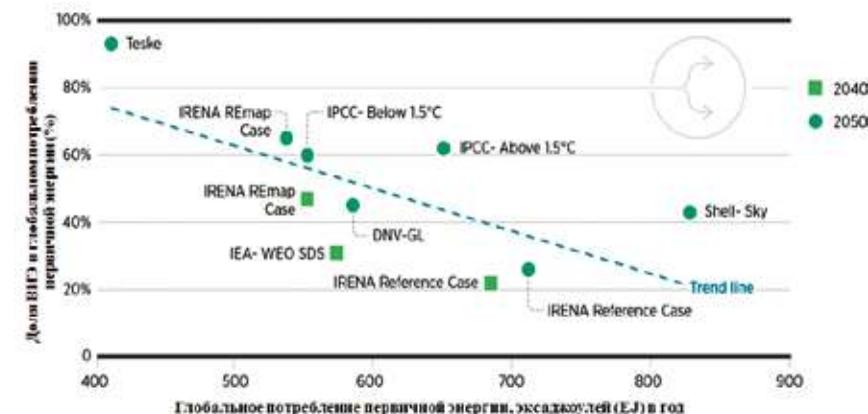
В исследовании компании DNV GL к 2050 г. глобальное энергопотребление снижается до 586 эксаджоулей в год, то есть до 14 млрд т н.э. При этом пик спроса на нефть (4 033 млн т н.э. или 91,2 млн барр./сут.) будет достигнут уже в 2023 г., после чего потребление нефти начнёт снижаться и составит в 2050 г. всего 2 052 млн т н.э. (46,4 млн барр./сут.). Тем самым доля нефти в глобальном потреблении первичных энергоресурсов составит всего 15%. А суммарно на нефть, уголь и природный газ в 2050 г. будет приходиться только половина потребляемой человечеством энергии.

Но даже подобных изменений, по признанию авторов этого исследования, будет недостаточно для достижения целей Парижского соглашения: потребуются сочетание более высокой энергоэффективности, более широкого использования возобновляемых источников энергии и более широкого применения технологий улавливания и хранения углерода [22, 23].

Ещё большее снижение прогнозирует IRENA в Сценарии «Дорожная карта по возобновляемым источникам энергии» – REmap Case: к 2050 г. в результате значительного роста энергоэффективности глобальный спрос на первичную энергию опустится до уровня меньшего, чем он был в 2015 г., т.е. примерно до 11,7 – 12 млрд т н.э. [24].

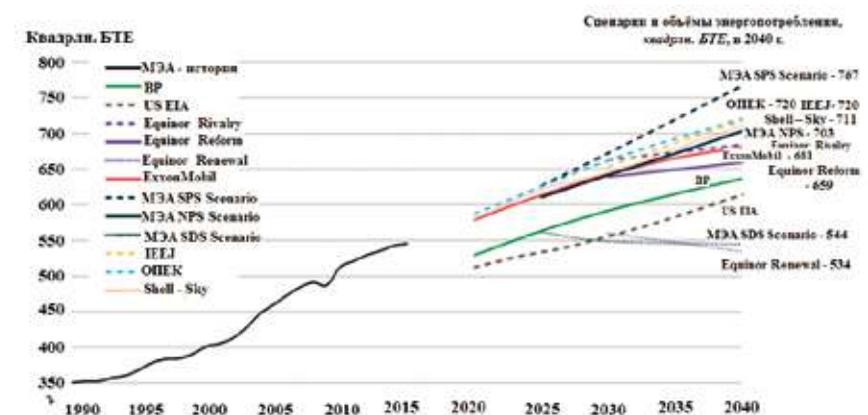
Исключением в этом плане является в основном соответствующий базовым критериям энергетического перехода сценарий Sky («Небо») компании Шелл (Shell)⁹, в котором глобальное потребление первичных энергоресурсов продолжает расти вплоть до 2100 г., достигая к этому периоду порядка 1050 эксаджоулей в год (25,1 млрд т н.э.)¹⁰ [25].

Результатирующие оценки перспективного глобального потребления первичной энергии этих и некоторых других исследований показаны на рис. 2–4.



Примечания:
 DNV-GL – прогностическое исследование компании DNV GL «Energy Transition Outlook 2018» [22]
 IPCC – Below 1.5 °C и IPCC – Above 1.5 °C – сценарии Специального доклада МГЭИК 2018 г. о последних глобальном потепления на 1,5 °C выше доиндустриального уровня и при глобальном потеплении до 1,5 °C по сравнению с доиндустриальным периодом [26]
 IRENA Reference Case и IRENA REmap Case – сценарии Базовый/Эталонный и Дорожной карты REmap доклада 2018 г. Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) [20]
 IEA - WEO SDS – Сценарий устойчивого развития WEO-2018 МЭА [8]
 Shell - Sky – Сценарий «Небо» компании Shell [25]
 Teske – сценарий Технологического университета г. Сидней (Institute for Sustainable Futures), 2019 [27]
 Источник: [24]

Рис. 2. Оценки глобального спроса на первичную энергию и доли ВИЭ в различных прогнозах и сценариях

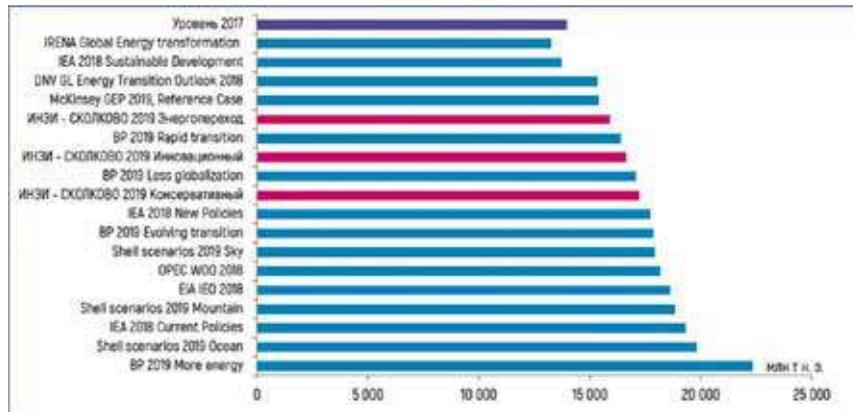


Источник: по данным [28]
 Примечание Мастепанова А.М.: Как отмечают авторы рисунка – американское некоммерческое исследовательское учреждение Resources for the Future (RFF) – прогнозы BP и US EIA не включают данные по потреблению некоммерческих видов биомассы (древ, сельскохозяйственных отходов и пр.). Соответственно, количественные показатели этих прогнозов на данном рисунке нами не приводятся.
Рис. 3. Различные прогнозы глобального потребления первичных энергоресурсов

Таким образом, если в консервативных и даже продвинутых прогнозах и сценариях ожидается дальнейший рост глобального потребления первичных энергоресурсов, то в прогностических исследованиях и сценариях, направленных на необходимость решения проблемы изменения климата (то

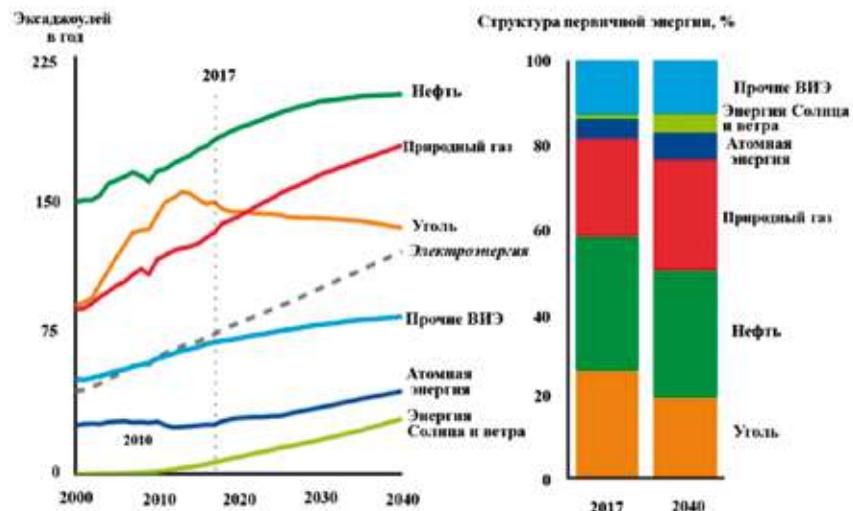
есть, отражающих суть энергетического перехода), заявленная «Цель 1» достигается: перспективные объёмы глобального потребления первичных энергоресурсов опускаются до уровня 2015–2017 гг. (до 12–14 млрд т н.э.).

Цели 2 и 3. Резкое сокращение потребления ископаемых видов



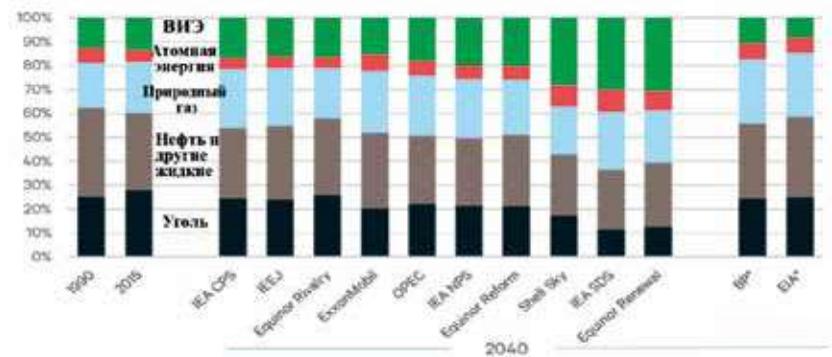
Источник: [12]

Рис. 4. Первичное энергопотребление в мире в 2040 г. млн т н. э.



Источник: [17]

Рис. 5. Прогноз динамики и структуры глобального потребления первичных энергоресурсов от компании ЭксонМобил (Exxon Mobil Corporation)



Источник: [28]

* прогнозы BP и US EIA не включают данные по потреблению некоммерческих видов биомассы (древ, сельскохозяйственных отходов и пр.).

Рис. 6. Различные прогнозы структуры глобального потребления первичных энергоресурсов в 2040 г.

топлива и рост использования возобновляемой энергии.

Совершенствование структуры потребления первичных энергоресурсов путём снижения в ней ископаемых видов топлива и увеличения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в период до 2040-2050 гг. ожидается практически во всех проанализированных нами прогнозах и сценариях.

Однако если в консервативных исследованиях суммарный удельный вес угля, нефти и природного газа на уровне 2040-2050 гг. сохраняется в пределах от 75-76% (базовые сценарии Секретариатов ОПЕК и Форума стран – экспортёров газа [29], прогноз Массачусетского технологического института и компании Эксон-Мобил) до 77-78% (IEO-2018, Сценарий текущих политик МЭА, Базовый сценарий IEEJ, сценарий Rivalry компании Equinor), то в продвинутых исследованиях он ниже. Так, в Сценарии новых политик МЭА он в 2040 г. составляет 74%, в сценарии Reform компании Equinor, Сценарии передовых технологий IEEJ и Базовом сценарии постулатов IRENA – 70%, 69,5% и 69%, соответственно. Ещё больше сокращается удельный вес ископаемых видов топлива в упомянутом выше исследовании Wood Mackenzie – до 65% в 2040 г.

Соответственно, удельный вес ВИЭ в консервативных исследованиях к концу прогностического периода колеблется от

⁹ Этот сценарий, впервые опубликованный в 2018 г., показывает, как мир может ограничить повышение температуры приблизительно 1,5 °C (иллюстрирует “технически возможный, но сложный путь” для общества, удовлетворяющий целям Парижского соглашения по изменению климата), и что для этого необходимо сделать. Согласно этому сценарию, обеспечение чистых нулевых выбросов в энергетике достигается к 2070 г., но ограничение повышения температуры до 1,5 °C становится возможным лишь путём комплексного взаимодействия общества, рынков и правительств, и, в частности, в сочетании энергетического перехода с реализацией во всем мире значительной программы лесовосстановления. Подробнее об этом см. [25].

¹⁰ Причины такого роста – продолжающееся увеличение численности населения планеты (до 10,1 млрд. чел. к 2080 г.) и непрерывный рост экономики (к 2100 г. – в 7,2 раза против уровня 2015 г.).

Таблица 2. Динамика и структура мирового потребления первичных энергоресурсов в прогностическом исследовании компании DNV GL, экскаджоулей в год

Вид энергии	2016	2020	2030	2040	2050	Доля в 2050 г.
Уголь	163	157	140	96	60	10%
Нефть	168	169	164	130	86	15%
Природный газ	140	150	182	179	149	25%
Атомная энергия	30	36	44	41	28	5%
Геотермальная энергия	3	3	4	4	4	1%
Энергия биомассы	56	59	66	69	67	11%
Гидроэнергия	14	17	20	23	24	4%
Солнечная энергия/выработка тепла	2	2	3	3	4	1%
Солнечная энергия/фотовольтаика	1	3	19	55	96	16%
Ветровая энергия	3	5	18	40	68	12%
ВСЕГО	581	603	660	639	586	100%

Источник: [22]

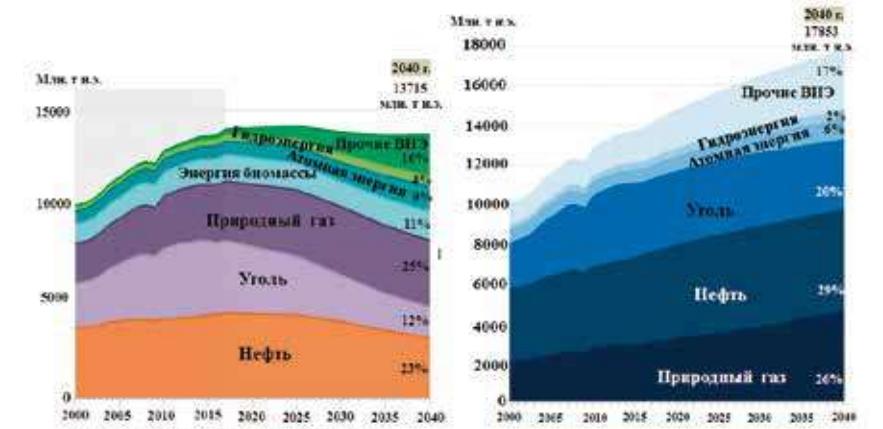
14% в Сценарии текущих политик МЭА до 16-17% в прогнозах MIT и Базовом сценарии IEEJ, достигая максимума в IEO-2018 (17,5%), Базовом сценарии Секретариата ОПЕК (18,7%) и Форума стран – экспортёров газа (19%).

В большинстве продвинутых исследований он ещё выше. Так, в Сценарии новых политик МЭА он в 2040 г. составляет 20%, в Сценарии передовых технологий IEEJ – 22%, в сценарии Reform компании Equinor – 24%, в Базовом сценарии постулатов IRENA – 27% (рис. 5-6).

Существенно более резкое сокращение потребления ископаемых видов топлива и, соответственно, эмиссии CO₂, предусматривается в исследованиях, направленных на обеспечение энергетического перехода, что, собственно говоря, и является основной целью этого процесса. Так, в Сценарии устойчивого развития МЭА удельный вес угля, нефти и газа в суммарном энергопотреблении снижается к 2040 г. до 60%, а в сценарии Renewal компании Equinor к 2050 г. – до 51% при росте доли ВИЭ до 31% и 40%, соответственно. Как уже отмечалось выше, до 50% снижается к этому периоду доля потребления ископаемых видов топлива и в исследовании компании DNV GL при росте доли ВИЭ до 45% (табл. 2).

Динамика и структура глобального потребления первичных энергоресурсов, и доля в ней ВИЭ, в различных прогнозах и сценариях показаны также на рис. 7 и 8.

(окончание следует)

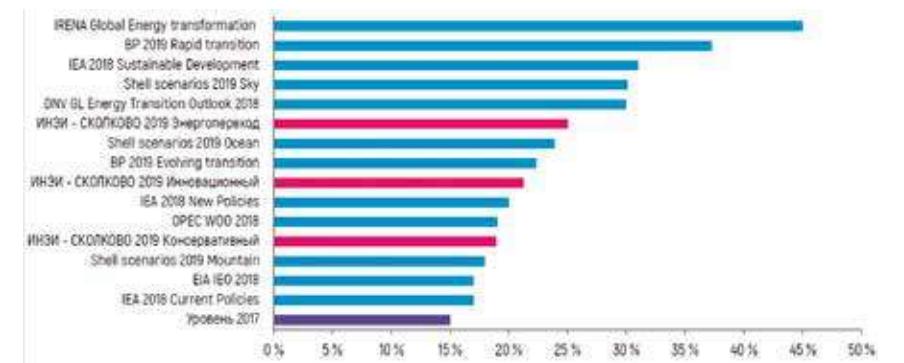


Сценарий устойчивого развития МЭА

Прогноз Секретариата Форума стран – экспортёров газа

Источник: по данным [8 и 29]

Рис. 7. Динамика и структура глобального потребления первичных энергоресурсов в Сценарии устойчивого развития МЭА (SDS Scenario WEO-2018) и прогнозе Секретариата Форума стран – экспортёров газа



Источник: [12]

Рис. 8. Доля ВИЭ в объеме мирового первичного потребления энергоресурсов в мире в 2017 и 2040 гг., %

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД КАК ГЕНЕРАЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО



А.М. Мастепанов

В статье рассмотрены вопросы перехода человечества к энергетике будущего, получившего название «энергетического перехода» – Energy Transition (или энергетической трансформации – Global Energy Transformation). Показаны причины необходимости этого перехода, возможности и условия его реализации. Дан анализ основных концепций, постулатов, сценарий и дорожных карт, направленных, показаны его возможные результаты: объёмы и структура глобального энергопотребления, динамика эмиссии диоксида углерода. Сделаны выводы, что постановка вопроса о необходимости перехода к инновационной, экологически чистой (устойчивой) энергетике вполне закономерна, но полная реализация концепции энергетического перехода к середине текущего столетия представляется маловероятной в силу высокой степени неопределённости в развитии всех составных частей этого процесса. Высказано мнение о тех дополнительных условиях, которые, по мнению автора, необходимы для успешной реализации энергетического перехода, показано его возможное влияние на экономику России.

Однако максимальное снижение использования ископаемых видов топлива прогнозирует IRENA в сценарии «Дорожная карта по возобновляемым источникам энергии». К 2040 г. его доля в суммарном потреблении первичных энергоресурсов составит около 50%, а к 2050 г. – всего 30%, зато доля воз-

обновляемых источников возрастёт, соответственно, до 45% и 66%. Таким образом, и эти цели в прогнозах и сценариях энергетического перехода представляются достижимыми, хотя и вызывают значительные сомнения с точки зрения их экономической обоснованности.

Совокупное достижение рассмотренных выше целей должно обеспечить достижение и высшего приоритета энергетического перехода – декарбонизацию мировой экономики. Так, если в консервативных исследованиях объём энергетически обусловленной эмиссии углекислого газа ожидается на уровне

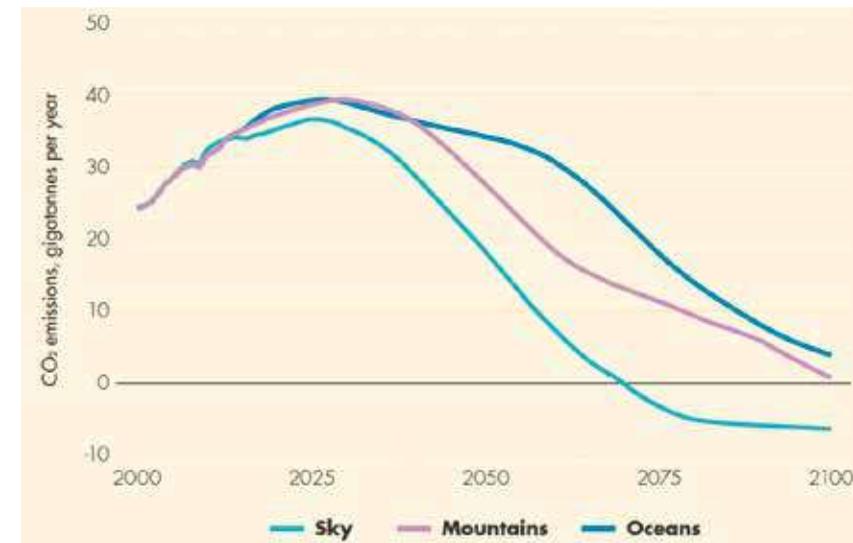
2040–2050 гг. в пределах от 39 до 42-43 млрд т (Сценарий текущих политик МЭА, базовый сценарий Секретариата ОПЕК, US EIA, MIT), то уже в большинстве продвинутых исследований – только 31–36 млрд т (сценарий Reform компании Equinor, Инновационный сценарий ИНЭИ РАН – Сколково, Базовый сценарий постулатов IRENA, прогноз компании ЭксонМобил, Сценарий новых политик МЭА).

Естественно, что в сценариях и дорожных картах, направленных на обеспечение энергетического перехода, перспективный объём энергетически обусловленной глобальной эмиссии CO₂ ещё ниже. В 2040 г. он ожидается на уровне 29,4 млрд т в сценарии «Энергопереход» прогноза ИНЭИ-РАН – Сколково, 25,8 млрд т в альтернативном сценарии Секретариата ОПЕК и 17,6 млрд т в Сценарии устойчивого развития МЭА. Практически на таком же уровне (18 млрд т) прогнозирует выбросы диоксида углерода и в 2050 г. компания DNV GL. Минимальные значения этого показателя в том же году наблюдаются в сценарии Renewal компании Equinor (12,8 млрд т) и в сценарии REmap IRENA (9,8 млрд т).

Динамика и объёмы энергетически обусловленной эмиссии CO₂ в некоторых рассмотренных прогнозах и сценариях, меры, обеспечивающие её снижение, а также оценки их достижимости, показаны на рис. 9-12. А на рис. 13 и 14 дана динамика базовых показателей основных сценариев WEO-2018 и прогностического исследования компании DNV GL.

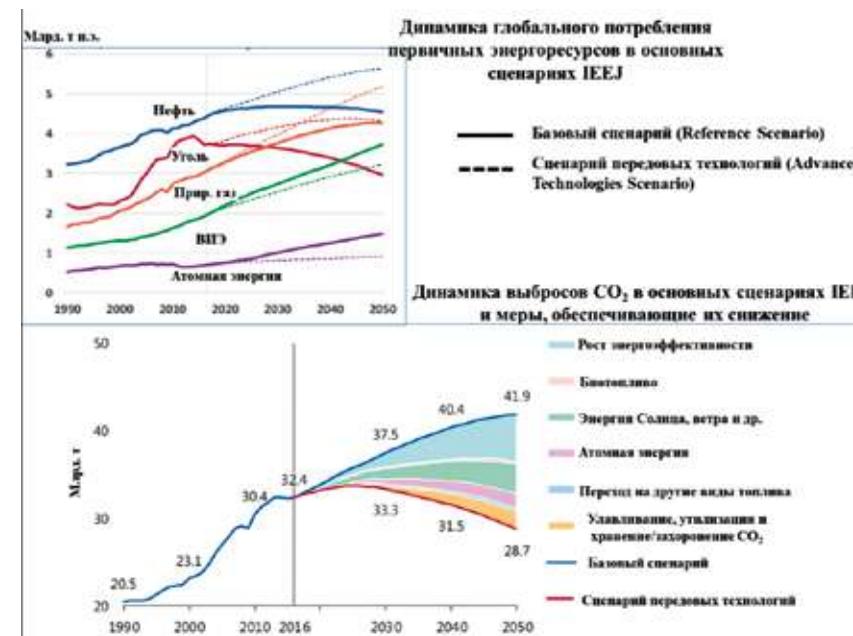
Какие же основные выводы можно сделать, проанализировав весь имеющийся массив данных о путях и средствах энергетического перехода? На наш взгляд, их несколько.

Во-первых, сама постановка вопроса о необходимости перехода к инновационной, экологически чистой (устойчивой) энергетике вполне закономерна. Более того, такой переход к принципиально иной энергетике – энергетике будущего – обусловлен необходимостью реагирования и на целый ряд других, не климатических, вызовов и



Источник: [25]

Рис. 9. Динамика энергообусловленных выбросов CO₂ в мире в сценариях «Небо», «Горы» и «Океан» компании Шелл, млрд т в год



Источник: [10]

Рис. 10. Динамика и структура глобального потребления первичных энергоресурсов и выбросов CO₂ в основных сценариях IEEJ. Меры, обеспечивающие снижение этих выбросов

факторов. Как отмечают эксперты ВЭФ, это и кибератаки на всё более интегрированные электрические сети, и риск финансового краха для энергетических компаний, и энергетическая бедность, сопровождаемая угрозами здоровью, производительности и равенству людей [30].

Понимание того, что человечество стоит на распутье, у развилки (либо движение в сторону устойчивого развития, либо реализация инварианта негативного сценария, вплоть до глобальной катастрофы) присуще многим российским экономистам. Об этом, например,

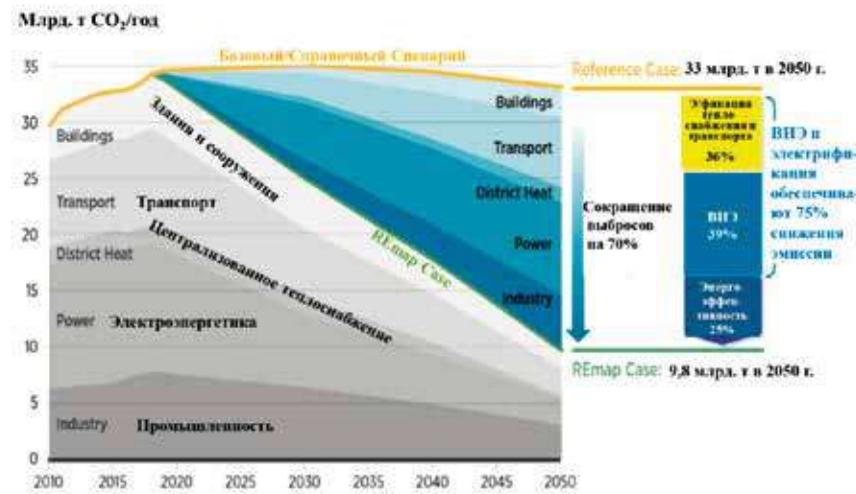
Окончание. Начало в № 1, 2020.

*Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2019 - 2021 годы. Раздел IX «Науки о Земле»; направления фундаментальных исследований: ПФНИ № 132 «Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья», в рамках государственного задания по темам «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования)», Рег. номер учёта в РосРИДе: АААА-А19-119013190038-2

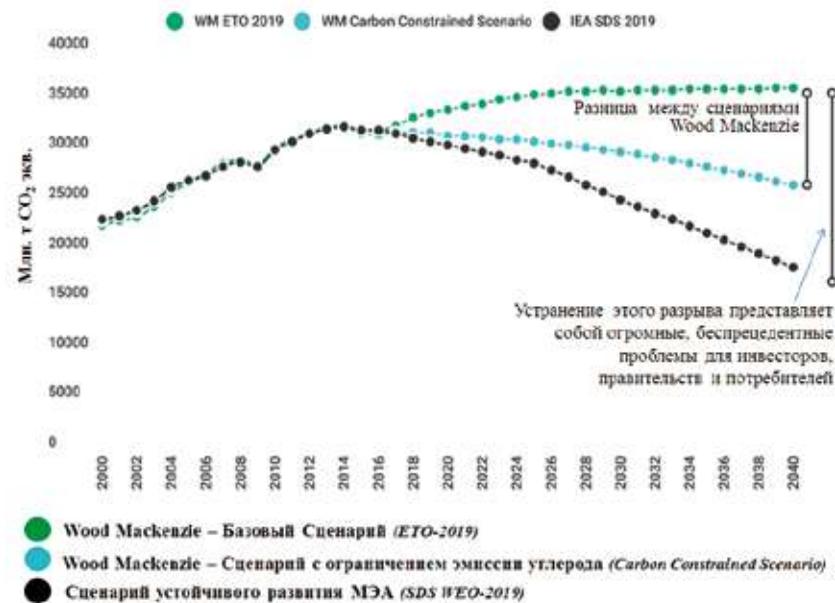
Алексей Михайлович Мастепанов, д. э. н., Институт проблем нефти и газа РАН, Институт энергетической стратегии, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва.

¹ В «Экологическом вестнике России» уже отмечалось, что специалистам ещё предстоит детально разобраться в этом явлении, его причинах и тенденциях развития [1]. До сих пор учёные со 100% уверенностью не могут сказать, какие причины вызывает современные климатические изменения, скорее всего, имеет место действия многих факторов. Планета Земля настолько сложная система, что существует множество факторов, которые прямо или косвенно влияют на климат планеты, ускоряя или замедляя глобальное потепление. Подробнее см., напр. [2].

² Так, по оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата – МГЭИК (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), сделанной в 2018 г., если глобальное потепление продолжится в нынешнем темпе, повышение температуры на 1,5 °C выше доиндустриального уровня может произойти уже в 2030 г., вызвав катастрофическую засуху, наводнения и нищету [3].



Источник: [24]
Рис. 11. Постулаты IRENA: меры, обеспечивающие достижение заявленных целей по сокращению выбросов CO₂



Источник: [18]
Рис. 12. Динамика выбросов CO₂ в сценариях Wood Mackenzie в сравнении со Сценарием устойчивого развития МЭА

прямо говорит президент Вольного экономического общества России, директор Института нового индустриального развития имени С.Ю. Вите д.э.н., профессор С.Д. Бодрнов: «История развития цивилизаций демонстрирует нам ускоряющийся рост создаваемых человеком технистических видов в строгом соответствии с законом ускорения инноваций в ущерб стремительно

вытесняемому разнообразию видов биоты. Особенно сильно эта тенденция проявляется сейчас – под воздействием погони за прибылью, за объемными экономическими показателями, всё менее отражающими реальные потребности развития человека. Возрастающая вследствие этого нагрузка на среду обитания, связанная с ростом симулятивных потребностей людей и с

требуемым для их удовлетворения всё возрастающим нерациональным использованием природных ресурсов ... создает реальную возможность развития негативных, а возможно, катастрофических для цивилизации следствий» [31].

Однако при всех достижениях и успехах в области роста энергоэффективности и снижения энергоёмкости экономики, полная реализация концепции энергетического перехода к середине текущего столетия представляется маловероятной, поскольку большинство населения планеты относится к так называемому «развивающемуся миру», который требует огромного экономического развития и устойчивого роста потребления энергии (в частности – электроэнергии).

Во-вторых, это высокая степень неопределённости развития всех составных частей процесса перехода. Это касается и будущего спроса на энергоресурсы, и возможностей его покрытия, и роли новых технологий, и потенциальных мер, которые могут быть приняты обществом для устранения рисков, связанных с изменением климата, включая возможности инвестиций, и др.

И хотя в научном сообществе была проделана значительная работа по изучению потенциальных путей достижения глобальной цели энергоперехода – декарбонизации энергетики, вопросов здесь по-прежнему остаётся больше, чем ответов на них, тем более, что энергетический переход идёт с большими трудностями. Так, исследования ВЭФ свидетельствуют, что в последнее время процесс энергетического перехода даже замедлился [32]. Более того, даже при повышенном уровне внимания к Парижскому соглашению, глобальные выбросы CO₂ увеличились в 2018 г. более чем на 2% – это самый высокий рост за последние семь лет. По данным МЭА, самыми медленными с 2010 г. темпами последние три года снижается и энергоэффективность (в 2018 – только на 1,2%) [33].

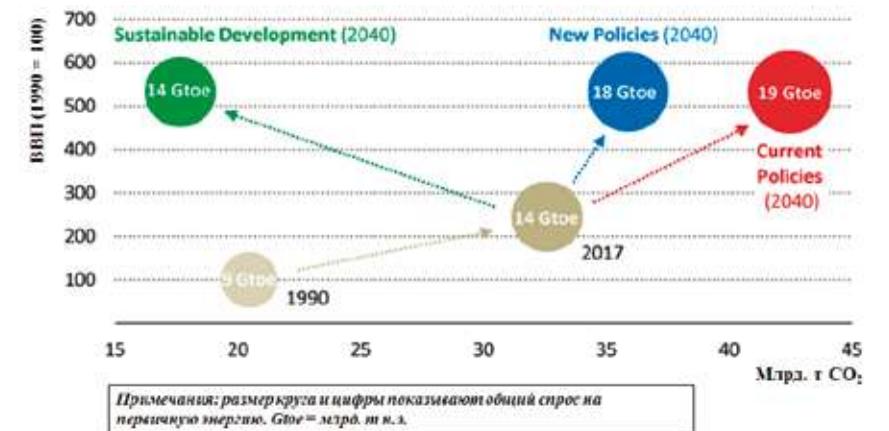
Хорошей иллюстрацией неопределённости с достижением цели недопущения глобального потепления свыше 1,5-2,0 °C являются

результаты моделирования энергетики с акцентом на сценарии климатической политики, проведенного международным коллективом учёных в рамках деятельности Energy Modeling Forum,¹¹ в частности – комплексного многомодельного исследования «The EMF27 Study on Global Technology and Climate Policy Strategies». В рамках последнего было проанализировано множество энерго-экономических моделей для оценки возможных технологий и политик, связанных с различными целями стабилизации климата [17, 35]. На рис. 15 показаны потенциальные глобальные траектории выбросов CO₂ в рамках рассмотренных в EMF27 сценариев, как базовых (верхний веер траекторий), так и нацеленных на обеспечение ограничения будущего глобального повышения температуры на поверхности Земли до 2 °C (нижний веер траекторий).

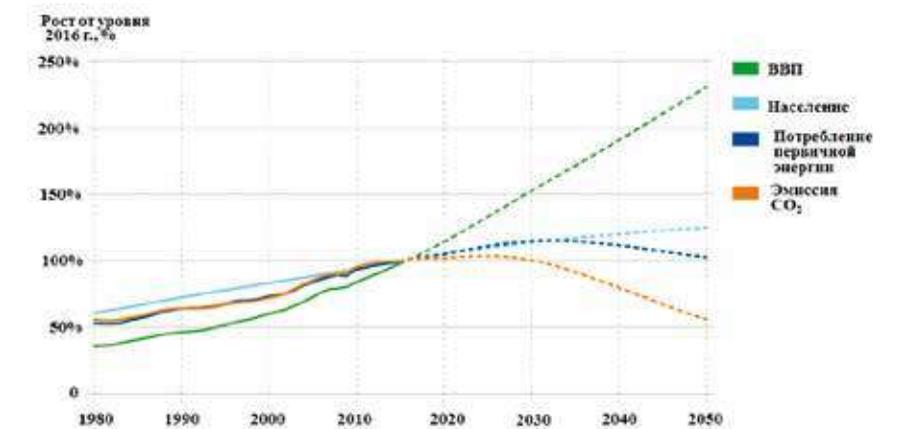
Сравнивая эти траектории с соответствующими прогнозами спроса на энергию в 2040 г. (как суммарного, так и по видам энергоносителей), эксперты EMF отмечают их значительную неопределённость, которая касается как темпов преобразований, так и масштабов изменений в глобальной энергетике.

Значительную неопределённость, влекущую за собой невозможность предсказать единственно рациональный путь достижения поставленных целей, признаётся и специалистами МЭА в их WEO-2018. МЭА также особо подчёркивает неопределённость в области развития технологий, которая может повлиять на стоимость и потенциальную возможность достижения целей, связанных с изменением климата и всеобщим доступом к энергии и чистому воздуху: «Никакой из этих возможных путей заранее не предопределён – возможны все варианты» [8].

¹¹ Energy Modeling Forum (EMF) является международным форумом экспертов и специалистов в области моделирования для обмена мнениями, обсуждения и изучения важнейших энергетических и экологических проблем. EMF был создан в Стэнфорде в 1976 г. для объединения ведущих экспертов и лиц, принимающих решения от правительства, промышленности, университетов и других научно-исследовательских организаций. Деятельность EMF осуществляется путём создания специальных рабочих групп для проведения исследований по тем или иным проблемам, анализа и сравнения результатов каждой модели и обсуждения ключевых выводов. С конца 1990-х гг. EMF вносит свой вклад в исследования экономики, связанные с изменением климата, о чем свидетельствуют доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), и в более общем плане – в моделирование комплексных оценок экологии и энергетики. Подробнее см. [33, 34].



Источник: [8]
Рис. 13. Объём ВВП, мирового спроса на первичную энергию и связанных с ней выбросы CO₂ в 2040 г. в различных сценариях WEO-2018



Источник: [22]
Рис. 14. Взаимосвязь между мировым ростом населения, ВВП, энергоснабжением и выбросами CO₂ в прогностическом исследовании компании DNV GL

В-третьих, (и это в значительной степени связано с той же неопределённостью), – значительный разброс оценок как темпов энергетических преобразований, в частности, темпов электрификации глобальной экономики, так и вклада в неё тех или иных видов электрогенерации. Так, в прогнозе компании Equinor доля электроэнергии в конечном потреблении энергии в 2050 г. варьирует, в зависимости от сценария, от 22%

до 33% (сейчас – это всего 19%) [16]. В соответствии с прогнозом McKinsey Energy Insights, потребление электроэнергии к 2050 г. удвоится, а его доля в конечном потреблении энергии вырастет до 29% [19], тогда как в прогнозе норвежской компании DNV GL – достигнет 45% [22], а в постулатах IRENA – 49% [24].

В исследовании МЭА (WEO-2018) этот показатель на уровне

2040 г. составляет от 24% в Сценарии новых политик, до 28% в Сценарии устойчивого развития. И даже в специальном сценарии «Будущее – это электроэнергия» (Future is Electric Scenario – FiES), который исходит из того, что потенциал для дальнейшей электрификации огромен (65% конечного энергопотребления технически может быть обеспечено электроэнергией), доля электроэнергии в конечном потреблении энергии в 2040 г. составляет всего 31% [8].

И хотя во всех этих прогнозах и сценариях рост потребления электроэнергии покрывается главным образом с помощью ВИЭ (прежде всего – ветровой и солнечной энергии), значительный разброс отмечается и в прогнозах удельного веса этих видов генерации в суммарной выработке электроэнергии в мире. Так, в Сценарии новых политик WEO-2018 доля ВИЭ в глобальном производстве электроэнергии составляет 41%, в том числе ветровых и солнечных электростанций – 21%, а в Сценарии устойчивого развития – 66% и 38%, соответственно¹². В прогнозе McKinsey Energy Insights доля ветровых и солнечных электростанций в глобальном производстве электроэнергии составляет порядка 60%, а всех ВИЭ – 73%. В сценарии Renewal компании Equinor доля ВИЭ в глобальном производстве электроэнергии составляет 76%, в том числе ветровых и солнечных электростанций – 49%, а в исследовании компании DNV GL – 78% и 69%, соответственно. Отметим, что такая доля

ветровых и солнечных электростанций – это самый высокий показатель в рассмотренных нами прогнозах и сценариях. Что же касается всех ВИЭ, то их самый высокий удельный вес в мировом производстве электроэнергии ожидается в Сценарии REMap постулатов IRENA – 86% в 2050 г. (доля ветровых и солнечных электростанций – около 60%).

Отметим также, что среди исследователей имеется много сторонников полного доминирования ВИЭ в относительно короткие сроки. Примером таких прогнозов является работа «GLOBAL ENERGY SYSTEM BASED ON 100% RENEWABLE ENERGY», выполненная в 2019 г. Лаппеенрантским технологическим университетом (Lappeenranta University of Technology) и Energy Watch Group (Германия) [37]. В ней обосновывается модель перехода к 2050 году к энергетической системе, целиком работающей на ВИЭ, с достижением цели по ограничению глобального потепления 1,5 °С. По мнению авторов этого исследования, подобная энергосистема технически реализуема и экономически конкурентоспособна. Для достижения поставленной цели потребуются полная электрификация всех секторов экономики, а объём производства электроэнергии должен увеличиться к 2050 г. в 4–5 раз по отношению к 2015 г. В этом исследовании доля ветровых и солнечных электростанций в глобальном производстве электроэнергии составляет в 2050 г. 18% и 69%, соответственно.

В-четвёртых, достижение такой масштабной цели, как обеспечение энергетического перехода – стабилизации глобальных выбросов парниковых газов, удовлетворения будущего спроса на энергию и расширения доступа к надёжной чистой электроэнергии – потребует не только больших дополнительных инвестиций в мировую энергетику. Необходимы, на наш взгляд, значительные социально-экономические преобразования в масштабах всего общества, поскольку достижение этой цели в рамках только энергетической трансформации не только всей глобальной экономики, но самого современного социально-экономического устройства общества, в частности, ликвидация как энергетической бедности, так и бедности в целом. До тех пор, пока всего несколько человек владеют тем же богатством, что и 3,6 млрд человек, которые составляют беднейшую половину человечества¹³, достижение целей энергетического перехода и устойчивого развития в целом, представляется не более чем ненаучной утопией.

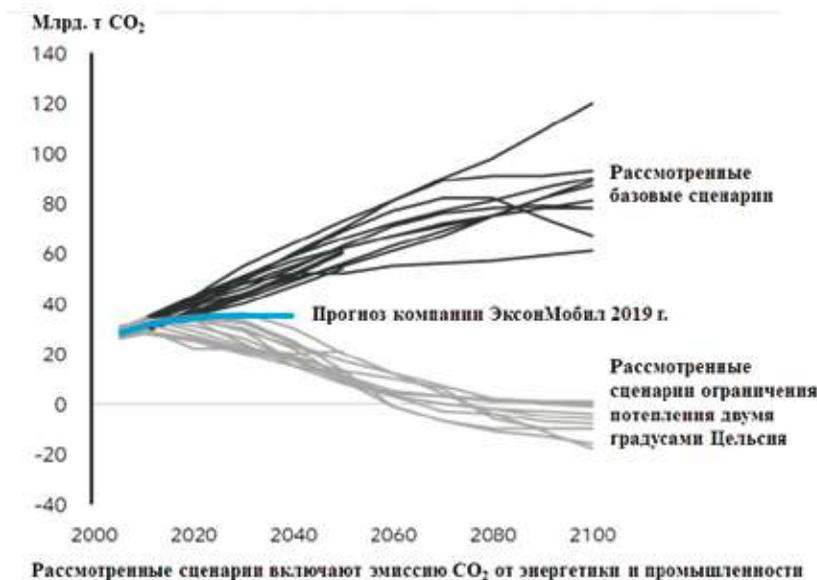
Необходимость глубокого реформирования социально-экономического устройства общества признаётся многими политическими деятелями, специалистами и учёными¹⁴, поскольку, как отмечает уже упоминавшийся нами С.Д. Бодрунов, «экономика XXI века формируется как система, в которой главным фактором производства становится знание, а не мате-

риальные ресурсы. Роль первого растёт, роль вторых снижается» [44]. Однако, как отмечается в докладе Всемирного банка «Потенциал системы образования: как научиться его реализовать», школьное образование во всем мире переживает кризис. Результат – низкое качество рабочей силы. Причём, проблема даже не в недостатке сотрудников с образованием, а в недостатке работников, в принципе способных к обучению [45].

И, наконец, в-пятых, это возможное влияние энергетического перехода на экономику России. Как мы уже отмечали, «безусловно, пока есть спрос в мире на наши сырьевые, особенно энергетические, ресурсы, этим надо воспользоваться, тем более, что экономика России характеризуется сырьевой зависимостью и находится в состоянии структурно-технологического неравновесия, характеризующегося неэффективным распределением факторов производства и финансовых ресурсов, которое препятствует формированию устойчивой экономической динамики [46]. Но чтобы сырьевой, прежде всего нефтегазовый, сектор мог обеспечить ресурсами выполнение поставленных крайне необходимых целей и задач, позволяющих России и в XXI веке быть в числе ведущих держав мира, нужна и его своевременная модернизация» [5].

И, конечно же, нужно ещё раз внимательно оценить те возможности, которые открывает перед страной ресурсно-инновационная стратегия¹⁵, о которой в последнее время стали незаслуженно забывать [5].

В условиях энергоперехода, независимо от того, будет он завершён или нет, бюджетные поступления России от экспорта энергоресурсов неизбежно будут снижаться. А это должно стать дополнительным доводом для руководства страны принимать все возможные меры по ускоренной диверсификации российской



Источник: [17]
Примечание А.М. Мастепанова: компания ExxonMobil является одним из спонсоров деятельности EMF
Рис. 15. Исследование EMF27 и полученный веер траекторий эмиссии CO₂

экономики, обеспечению развития нефтегазохимии и других отраслей, связанных с глубокой переработкой природных ресурсов. Более того, как подчёркивает д.э.н., проф. С.Д. Бодрунов, не являющийся апологетом энергоперехода, но глубоко понимающий экономические условия развития мировой экономики, «надо чётко понять, что впереди, в ближайшие десятилетия – не рост, а снижение спроса на традиционные материалы, сырьё, энергию, то есть на то, на чём до сих пор стоит российская экономика. Это неизбежно при резком возрастании роли индустриальных знаний, технологий, темпов их получения, освоения, имплементации в реальный сектор, развития и т. п. Природные ресурсы будут значить гораздо меньше. Именно изменение соотношения материалоемкости и, если позволите, «знаниеёмкости» конечного продукта в пользу последней и позволяет надеяться, что мы оставим следующим поколениям страну не с истощенными природ-

ными ресурсами и разрастающимися, как раковая опухоль, свалками отходов. Но для этого Россия должна овладеть передовыми технологиями. Вот в это и надо инвестировать» [49]. В этих условиях, говоря о нефтегазовом комплексе, приоритетом для государства должны стать не льготы для развития добычи нефти и газа в Арктике, а создание нефтегазохимии, глубокая переработка углеводородного сырья и разработка эффективных технологий для разработки ТРИЗ.

Использованные источники и литература

1. Мастепанов А.М. Климат ориентированные сценарии в прогнозах Международного энергетического агентства // Экологический вестник России, № 6, 2017, с. 4-10.
2. Мастепанов А.М. О глобальном потеплении, низкоуглеродной энергетике и перспективах нефтегазовой отрасли // Экологический вестник России, № 5, 2016, с. 20-31.

¹² В последнем исследовании МЭА «Renewables 2019. Market analysis and forecasts to 2024», представленном 17 октября 2019 г., доля «зелёной» генерации в мировом производстве электроэнергии вырастет до 30% уже к 2024 г. [36].

¹³ Так, согласно докладу «Экономика для 99% населения» международной благотворительной организацией Oxfam, опубликованному по случаю очередного Давосского Форума, 8 самых богатых людей в мире владеют состоянием, равным капиталу беднейшей половины населения планеты. По данным Oxfam, совокупное мировое богатство в 2017 г. оценивалось примерно в 255 трлн долл., и более половины этой суммы находится в руках 1% населения планеты. Этому же проценту принадлежало и 82% прироста богатства, появившегося в 2017 г. [38,39]. Аналогичные данные приводятся и в докладе «Billionaires Report-2018», подготовленном экспертами UBS и PwC: суммарный капитал 2158 миллиардеров из 43 стран мира в 2017 г. составил 8,9 трлн долл. [40].

¹⁴ Так, директор-распорядитель МВФ Кристин Лагард на Всемирном экономическом форуме в Давосе в январе 2017 г. заявила, что чрезмерное неравенство ограничивает рост экономики и приводит к кризису среднего класса. Похожие оценки приводит и ОЭСР [41].

О необходимости создать принципиально новую систему международных отношений, поскольку прежняя, создающая неравенство, система больше не работает, заявил 23 августа на встрече с представителями гражданского общества президент Франции Эммануэль Макрон. По его мнению, развитие прекратилось, поскольку «демократия вышла из моды, а капитализм вышел из-под контроля и сошел с ума» [42,43]. Призыв «построить человеческую экономику, которая принесет пользу всем, а не только привилегированным немногим» содержится в уже цитированном докладе организации Oxfam [38].

¹⁵ Ресурсно-инновационная стратегия предусматривает объединение инновационного потенциала фундаментальных исследований, имеющих своей целью создание инновационных технологий, с инновационным потенциалом национальных проектов. Подробное описание этой стратегии, анализ внутренних условий и концепции перехода к ресурсно-инновационной стратегии развития национальной экономики, основных факторов ресурсно-инновационного развития, в частности – энергоэффективности, ресурсосбережения и экологии, а также тех внешних условий, которые будут способствовать или препятствовать такому развитию, изложены в [47,48].

3. Summary for Policymakers. Special Report on Global Warming of 1.5 °C - URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf

4. Top 10 Emerging Technologies 2019. Insight Report. World Economic Forum, June 2019. - URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Top10_Emerging_Technologies_2019_Report.pdf

5. Мастепанов А.М. Энергетический переход: к чему готовиться мировому нефтегазу // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. Научно-экономич. журнал. 2019, № 10 (178), с. 5-14.

6. Energy Technology Perspectives 2017. Catalysing Energy Technology Transformations. International Energy Agency, OECD/IEA, 2017. 443 p.

7. Мастепанов А.М. Энергетический переход как новый вызов мировой нефтегазовой отрасли // Энергетическая политика. Выпуск 2, 2019, с.62-69.

8. World Energy Outlook 2018. OECD/IEA, 2018. 645/661 pages // Сайт IEA - URL: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2018>

9. Organization of the Petroleum Exporting Countries. 2018 OPEC World Oil Outlook. September 2018. 394/412 pages // Сайт OPEC - URL: <http://www.opec.org>

10. IEEJ Outlook 2019. Energy Transition and a thorny path for 3E challenges. IEEJ, Tokyo, October 2018. 288 P.

11. International Energy Outlook 2018 (IEO2018). Presentation // Сайт EIA - URL: https://www.eia.gov/pressroom/presentations/saruano_07242018.pdf

12. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН-Московская школа управления СКОЛКОВО-Москва, 2019. - 210 с. - URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forecast_2019_Rus.pdf

13. International Energy Outlook 2017 (IEO2017) - URL: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484%282017%29.pdf>

14. Energy & Climate Outlook. Perspectives from 2015. MIT joint program on the science and policy of global change - URL: <https://globalchange.mit.edu/publications/signature/2015-energy-and-climate-outlook>

15. Мастепанов А.М. Ситуация на мировом нефтяном рынке: некоторые оценки и прогнозы // Энергетическая политика. Выпуск 2, 2016, стр. 7-20.

16. Equinor. Energy Perspectives 2018. Long-term macro and market outlook 2018. 60 P. - URL: <https://www.equinor.com/en/news/07jun2018-energy-perspectives.html>

17. 2019. Outlook for energy: a perspective to 2040. ExxonMobil. 58 p. - URL: <http://www.exxonmobil.com/energyoutlook>

18. Energy Transition Outlook 2019. A call to action to the global energy industry. Wood Mackenzie, AUGUST 2019 - URL: www.woodmac.com

19. Global Energy Perspective 2019: Reference Case. January 2019. - URL: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Oil%20and%20Gas/Our%20Insights/Global%20Energy%20Perspective%202019/McKinsey-Energy-Insights-Global-Energy-Perspective-2019_Reference-Case-Summary.ashx

20. Global Energy Transformation: A roadmap to 2050. International Renewable Energy Agency, 2018. 76 P. - URL: <https://www.irena.org/publications/2018/Apr/Global-Energy-Transition-A-Roadmap-to-2050>

21. Energy Perspectives 2017. Long-term macro and market outlook. Statoil, 2017. 60 p.

22. Energy Transition Outlook 2018. A global and regional forecast to 2050. 324 pages // Сайт DNV GL - URL: <https://eto.dnvgl.com/2018/#Energy-Transition-Outlook-2018>

23. Мастепанов А.М. Нефть в перспективном мировом энергетическом балансе: на перепутье мнений и оценок // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. Научно-экономич. журнал. 2019, № 4 (172), с. 5-8.

24. Global Energy Transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition).

International Renewable Energy Agency, 2019. 52 P. - URL: <https://www.irena.org/publications/2019/Apr/Global-energy-transformation-A-roadmap-to-2050-2019Edition>

25. Sky. Meeting the Goals of the Paris Agreement. SHELL SCENARIOS - URL: www.shell.com/skyscenario

26. IPCC. Special Report: Global Warming of 1.5oC - URL: <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>

27. Teske S. Achieving the Paris Climate Agreement Goals. Global and Regional 100% Renewable Energy Scenarios with Non-energy GHG Pathways for +1.5°C and +2°C. University of Technology Sydney - Institute for Sustainable Futures (UTS-ISF), Sydney, 2019. Executive Summary - URL: <https://s3.amazonaws.com/100re/documents/AchievingTheParisClimateAgreementGoals-web.pdf>

28. Global Energy Outlook 2019: The Next Generation of Energy. Resources for the Future. Report 19-06 July 2019. - URL: www.rff.org/geo

29. Gas Exporting Countries Forum. GECF Global Gas Outlook 2040. December 2017. - URL: <http://www.gecf.org>

30. Future of Energy. Global Issue. Co-curated with: Massachusetts Institute of Technology - URL: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb00000038oN6EAI?tab=publications>

31. Бодрунов С. Нооразвитие, а не бездумный рост // Вольная экономика, №6, 2018, с. 13 - URL: <http://freeeconomy.ru/themes/modelirazvitiya/kak-dobitsya-obyavlennoy-rosta.html>

32. Fostering Effective Energy Transition. 2019 edition. Insight Report. World Economic Forum, March 2019 - URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2019.pdf

33. Energy efficiency 2018. Analysis and outlooks to 2040. OECD/IEA, 2018, 174 p. - URL: https://webstore.iea.org/download/direct/2369?fileName=Market_Report_Series_Energy_Efficiency_2018.pdf

34. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_Modeling_Forum

35. URL: <https://emf.stanford.edu/about>

36. Preface and introduction to EMF 27 - URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-014-1102-7>

37. Global solar PV market set for spectacular growth over next 5 years - URL: <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/october/global-solar-pv-market-set-for-spectacular-growth-over-next-5-years.html>

38. Global Energy System based on 100% Renewable Energy - Power, Heat, Transport and Desalination Sectors. Study by Lappeenranta University of Technology and Energy Watch Group, Lappeenranta, Berlin, March 2019. - URL: http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_LUT_100RE_All_Sectors_Global_Report_2019.pdf

39. An economy for the 99% - URL: https://oi-files-d8-prod.s3.eu-west-2.amazonaws.com/s3fs-public/file_attachments/bp-economy-for-99-percent-160117-sum-en.pdf

40. Oxfam International. Just 8 men own same wealth as half the world. - URL: <https://www.oxfam.org/en/pressroom/pressreleases/2017-01-16/just-8-men-own-same-wealth-half-world>

41. URL: <https://www.rbc.ru/finances/26/10/2018/5bd306cb9a79470f82f73d90?from=newsfeed>

42. Уравнение через налог // Ведомости, № 4244 от 19.01.2017

43. Макрон: Демократия вышла из моды, а капитализм - из-под контроля - URL: <https://regnum.ru/news/polit/2698489.html>

44. Макрон о капитализме - URL: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/6793858>

45. URL: <http://freeeconomy.ru/themes/modeli-razvitiya/prezident-veo-rossii-v-ekonomike-xxi-veka-glavnym-faktorom-proizvodstva-stanovitsya-znanie-a-ne-materialnye-resursy.html>

46. Всемирный банк объявил о глобальном кризисе школьного образования - URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2017/09/28/735646->

vseмирnii-bank-shkolnogo-obrazovaniya

47. Структурно-инвестиционная политика в целях обеспечения экономического роста в России: монография / Под науч. ред. акад. В.В. Ивантера. - М.: Научный консультант. 2017. - 196 с.

48. Дмитриевский А.Н., Комков Н.И., Мастепанов А.М., Кротова М.В. Ресурсно-инновационное развитие России / под. ред. А.М. Мастепанова и Н.И. Комкова. М.: Институт компьютерных исследований, 2013. - 736 стр.

49. Дмитриевский А.Н., Комков Н.И., Мастепанов А.М., Кротова М.В. Ресурсно-инновационное развитие России / под. ред. А.М. Мастепанова и Н.И. Комкова. - Изд. 2-е, доп. М.: Институт компьютерных исследований, 2014. - 744 стр.

50. URL: <http://freeeconomy.ru/themes/novoe-industrialnoe-obshhestvo/ryvok-eshhyo-vozmozhen.html>



ВЫСТАВКА «ГАЗ. НЕФТЬ. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – КРАЙНЕМУ СЕВЕРУ»

в рамках
ЯМАЛЬСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО ФОРУМА

реклама

СИБЭКСПО SERVICE

ООО "Выставочная компания Сибэкспосервис", г. Новосибирск
Тел.: (383) 335 63 50, e-mail: vkxes@yandex.ru, www.ses.net.ru

18-19 МАРТА

г. Новый Уренгой
2020

