

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД: К ЧЕМУ ГОТОВИТЬСЯ МИРОВОМУ НЕФТЕГАЗУ

А.М. Мастепанов
(ИПНГ РАН)

Статья посвящена вопросам перехода человечества к энергетике будущего, получившего название "энергетического перехода" – Energy Transition (или энергетической трансформации – Global Energy Transformation). Дан анализ причин необходимости этого перехода, возможностей и условий его реализации, включая необходимые инвестиции. Показано, что энергетический переход стал возможен в результате целого ряда технологических инноваций, достигнутых в начале XXI в. в энергетическом секторе мировой экономики. Рассмотрены основные концепции, постулаты, сценарии и дорожные карты, направленные на обеспечение такого перехода в глобальном масштабе, необходимые прорывные инновации как в производстве электроэнергии и добыче энергоресурсов, так и в других секторах экономики. Показаны роль и сущность нефтегазовых компаний в условиях энергетического перехода, его возможные результаты: объёмы и структура глобального энергопотребления, динамика спроса на нефть и природный газ. Сделаны выводы, что в предстоящие десятилетия в мире развернётся ожесточённая конкурентная борьба между компаниями и государствами в области разработки необходимых для перехода инноваций и технологий и обладания ими, что рассмотренные тенденции и новации необходимо учитывать и Российской Федерации.

Ключевые слова: энергетический переход; технологии; инновации; энергопотребление; энергоэффективность; ВИЭ; нефть; природный газ; уголь; электроэнергетика.

DOI: 10.33285/1999-6942-2019-10(178)-5-14

ENERGY TRANSITION: WHAT SHOULD THE OIL AND GAS WORLD GET READY FOR

A.M. Mastepanov

(Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences (OGRI RAS))

The paper considers the problems of the mankind transition to the energy of the future, called the "energy transition" – Energy Transition (or energy transformation – Global Energy Transformation). The reasons for the transition necessity, the possibilities and conditions of its implementation, including the required investments, are analyzed. It is shown that the energy transition became possible as a result of a number of technological innovations achieved at the beginning of the XXI century in the energy industry of the world economy. The basic concepts, postulates, scenarios and roadmaps aimed at ensuring such a transition on a global scale, the necessary breakthrough innovations both in the production of electricity and energy production and in other sectors of the economy are considered.

The role and nature of oil and gas companies in the context of the energy transition, its possible results such as volumes and structure of global energy consumption, dynamics of demand for oil and natural gas are shown. It is concluded that in the coming decades the world will unfold fierce competition between companies and states in the field of developing and possessing the innovations and technologies, necessary for the transition. So, the above-considered trends and innovations must be taken into account in the Russian Federation.

Keywords: energy transition; technologies; innovation; power consumption; energy efficiency; renewable energy sources (RES); oil; natural gas; coal; electric power industry.

О том, что развитие современной мировой энергетики как важнейшей части глобальной экономики обусловлено всей совокупностью природно-климатических, социально-экономических, технологических, политических и геополитических условий и факторов, большинство из которых взаимозависимы и взаимообусловлены, что повышает степень неопределённости их совокупного воздействия, в последнее время приходилось писать неоднократно [1–6 и др.].

Свой вклад в этот рост неопределённости вносят и глобализация, и геополитика, и взрывное развитие науки и технологий, в том числе открытие новых источников энергетических ресурсов, демографические процессы и резкий рост социального неравенства, социальные революции и войны. Ситуация усугубляется складывающимся профицитом энергоресурсов [2]. Но особое место в ряду этих факторов принадлежит глобальному потеплению.

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 [7]. Именно поэтому необходим переход к более инклюзивной, устойчивой, доступной и безопасной энергетической системе, которая решает глобальные проблемы при одновременном обеспечении потребителей всеми необходимыми им видами энергии. Причем, как подчеркивается в исследованиях Всемирного экономического форума (ВЭФ), этот переход должен состояться без нарушения баланса "энергетического треугольника": безопасность и доступ; экологическая устойчивость; экономическое развитие и рост [8].

Отметим также, что переход к принципиально иной энергетике – энергетике будущего – обусловлен необходимостью реагирования и на целый ряд других, не климатических, вызовов и факторов. Как отмечают эксперты ВЭФ, это и кибератаки на все более интегрированные электрические сети, и риск финансового краха для энергетических компаний, а также риск ограниченного доступа к таким полезным ископаемым, как кобальт, которые необходимы для новых энергетических технологий. Ряд связанных с энергетикой угроз здоровью, производительности и равенству является результатом отсутствия доступа к электричеству, которое все еще является фактом примерно для 1 млрд человек, и отсутствия чистого топлива для приготовления пищи, влияющего еще на 3 млрд чел. [8]. Кроме того, почти половина населения земного шара страдает от энергетической нищеты, и цели ООН в области устойчивого развития, принятые в 2015 г., делают доступ к энергии одним из приоритетов. Но даже все эти цифры не отражают полностью картину энергетической бедности, поскольку существует огромный разрыв между городом и деревней с точки зрения доступа к энергии для приготовления пищи и электричества. Согласно докладу, опубликованному Международным агентством по возобновляемым источникам энергии (IRENA) в 2018 г., почти 87 % людей в мире, не имеющих доступа к электроэнергии, живут в сельских районах [8]. Соответственно, обеспечение их доступа к чистой энергии должно происходить одновременно с климатическим императивом энергетической политики: глобальные выбросы CO₂ должны достичь пика до 2030 г., даже если доступ к энергии резко сократится в развивающихся странах¹ [9].

Поиск возможностей и путей решения всех этих проблем привел к пониманию необходимости так называемого *энергетического перехода* – *Energy Transition* (или *энергетической трансформации* – *Global Energy Transformation*), под которым понимается переход человечества к экологически чистой энергетике (и экономике в целом) в целях устойчивого развития и предотвращения негативных изменений климата нашей планеты².

¹По имеющимся оценкам, к 2050 г. в городах будет жить около 70 % мирового населения [10], что в какой-то степени облегчит решение задачи.

²Термин "энергетический переход" (по-немецки, "Energiewende", который можно перевести как энергетический переход, энергетический поворот, энергетическая революция) в значении изменения всей глобальной энергетики впервые появился в 1980 г. как название одной из публикаций немецкого научно-исследовательского Института Прикладной Экологии (Öko-Institut), призывающей к полному отказу от ядерной энергии и нефти. В последующие десятилетия значение термина существенно расширилось. Его современное значение сложилось в начале 2000-х гг. Ключевой программный документ, обрисовывающий в общих чертах "энергетический переход" (Energiewende) для Германии (взятый правительством курс на постепенный отказ от использования ископаемого углеводородного топлива и ядерной энергетики и почти полный переход на её возобновляемые источники), был опубликован правительством ФРГ в сентябре 2010 г. – по данным [11, 12].

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 такие, как:

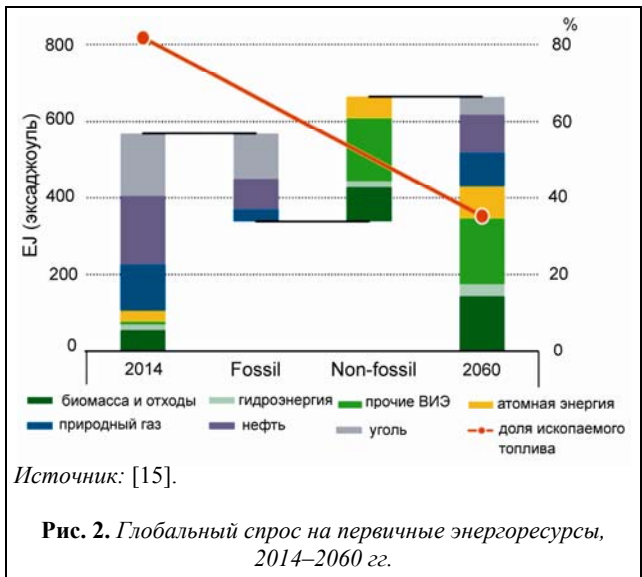
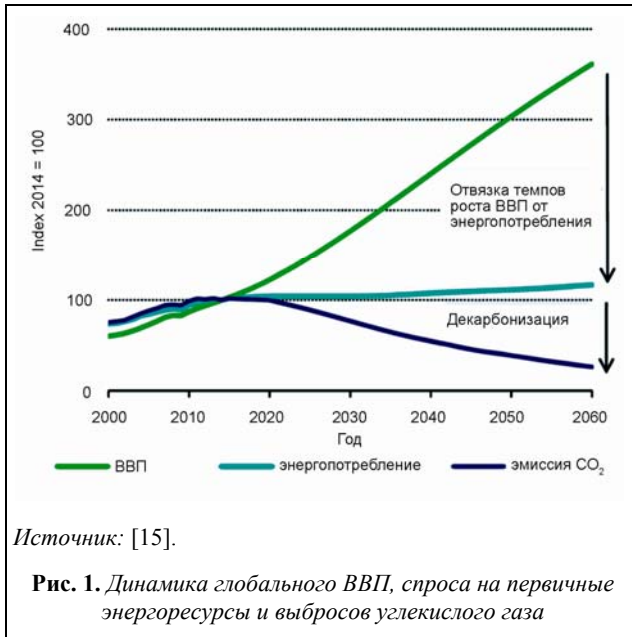
- постулаты IRENA "Преобразование глобальной энергетической системы: дорожная карта до 2050 г." (Global energy transformation: A roadmap to 2050) – издания 2018 и 2019 гг.³;
- инициатива Всемирного экономического форума по содействию эффективному энергетическому переходу (World Economic Forum Fostering 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.

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

Следует также отметить, что энергетический переход (а сейчас это, прежде всего, политическая цель) стал возможен в результате целого ряда технологических инноваций, достигнутых в начале XXI в. 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

³В 2017 г. IRENA совместно с МЭА выпустила свой первый доклад "Perspectives for the Energy Transition" [13], посвященный декарбонизации глобальной энергетики и её технической осуществимости, а также социально-экономическим выгодам от глобального энергетического перехода. В 2018 г. был выпущен второй доклад [9], в котором были более подробно рассмотрены последствия энергетического перехода и необходимые для него инвестиции, а также дано более глубокое представление о ключевых потребностях в области перехода по секторам экономики. В издании 2019 г. [14] IRENA обновляет анализ по ключевым странам и регионам и даёт углублённый взгляд на электрификацию с использованием ВИЭ – ключевое решение, позволяющее осуществить энергетический переход.



средств и рост энергоэффективности. И там, и там – цифровизация производственных процессов и другие достижения 4-й промышленной революции.

Как отмечается в уже упомянутом докладе IRENA, с технической точки зрения удержать рост глобальной температуры ниже 2 градусов Цельсия (°C) можно. Кроме того, такой подход является более выгодным с точки зрения экономики, социума и окружающей среды, нежели подход, основанный на текущих планах и политиках. Однако глобальная энергетическая система должна претерпеть существенное преобразование — трансформироваться из системы, повсеместно основанной на ископаемом топливе, в систему, повышающую эффективность и основанную на возобновляемой энергии. Такое преобразование глобальной энергетической системы, считающееся апогеем "энергетической революции", которая уже полным ходом идет во многих странах и регионах⁴, может создать более процветающий и всеобъемлющий мир [9].

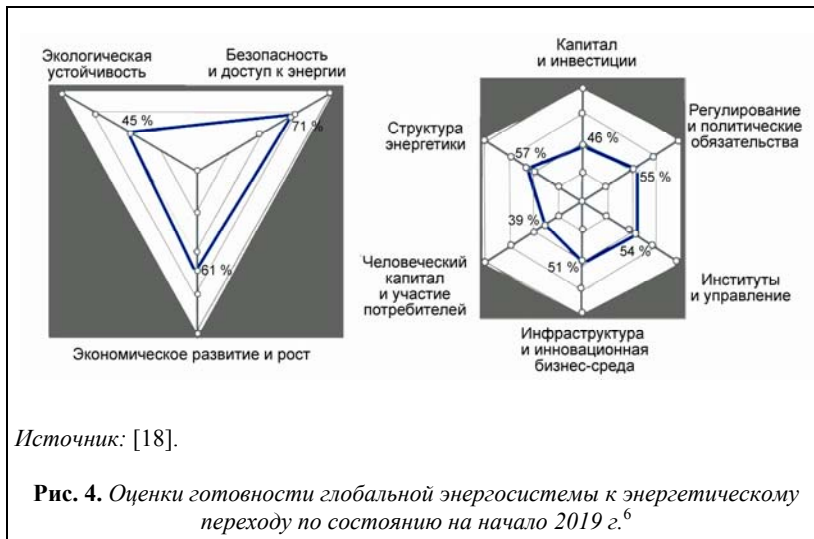
В то же время отказ от углеводородной энергетики – это процесс, растянутый во времени и идущий неравномерно. Он обусловлен эволюцией технологий, с одной стороны, и необходимостью достижения климатических целей – с другой. Основной тренд очевиден, однако остается неопределенность в темпах изменений [16]. Некоторые страны, в том числе Франция и Великобритания, уже обозначили четкие пути отказа от углеводородной энергетики, законодательно установив способы и сроки перехода к "климатически нейтральному" состоянию. Сократить выбросы парниковых газов Европейским союзом на 55 % к 2030 г. призвал Европейский парламент. Но другие государства эту проблему только обсуждают, а третьи пока ее просто не видят [16, 17].

⁴Например, уже несколько лет работает созданное в ЕС Партнёрство по энергетическому переходу, членами которого является ряд стран, городов и организаций ЕС.



Однако последние данные свидетельствуют о том, что энергетический переход к глобальной низкоуглеродной энергетике идет с большими трудностями. Так, исследования ВЭФ свидетельствуют, что в последнее время процесс энергетического перехода даже замедлился, о чем красноречиво говорит динамика Индекса перехода, который в 2018 г. был самым низким за последние 5 лет⁵ [18] (рис. 3 и 4).

⁵Весной 2019 г. Всемирный экономический форум (ВЭФ) выпустил очередной Доклад о содействии эффективному энергетическому переходу, в котором обобщаются данные так называемого "индекса энергетического перехода". Этот индекс основывается на предыдущей серии разработанных ВЭФ "индексов эффективности глобальной энергетической архитектуры" путем добавления показателя готовности стран к энергетическому переходу. Индекс оценивает страны по текущему уровню эффективности их энергетических систем и готовности их макросреды к переходу к безопасной, устойчивой, доступной и инклюзивной энергетической системе будущего. Эти показатели, по мнению ВЭФ, позволят директивным органам и компаниям определить цель энергетического перехода и его императивы и соответствующим образом согласовать государственную политику и рыночные факторы.



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 7 лет. После снижения в 2012–2016 гг., увеличилось в 2017–2018 гг. и потребление угля. И хотя доля угля в общем объеме поставок первичной энергии упала до 27,2 %, что является самым низким показателем за последние 15 лет, общая доля всех ископаемых видов топлива остается практически стабильной с 1990 г. (1990 г. – 88, 2018 г. – 85 %) [19].

Ускорение энергетического перехода, как подчеркивается в [18], потребует более быстрого прогресса по всем направлениям, включая исследования и внедрение технологий, большие объемы инвестиций, участие потребителей, а также разработку и осуществление соответствующей политики. При этом многие эксперты уверены, что в среднесрочной перспективе в качестве альтернативного варианта – "переходного источника энергии" (bridging energy resource) – можно рассматривать вопрос увеличения использования природного газа, поскольку газ, несмотря на его углеводородную природу, является относительно чистым источником энергии⁷.

Что касается более отдаленной перспективы, то подобную роль природный газ может играть только в сочетании с набором технологий, обеспечивающих улавливание, утилизацию и хранение/захоронение двуокси углерода [13].

Особо хотелось бы остановиться на роли техноло-

⁶Индекс энергетического перехода 2019 г. (ETI), который содержит оценки для 115 стран, охватывает многие аспекты эффективности и возможности энергетического перехода. Индекс представляет собой сводные оценки на страновом уровне, которые объединяют 40 показателей энергетического перехода, включая данные, которые описывают уровни энергетического загрязнения в странах, цены, цепочки поставок, инфраструктуру, политические институты, финансовые системы, человеческий капитал и многое другое. Баллы/оценки по конкретным странам рассчитываются путем нормализации отдельных показателей и применения системы весов [18].

⁷См., напр., [20].

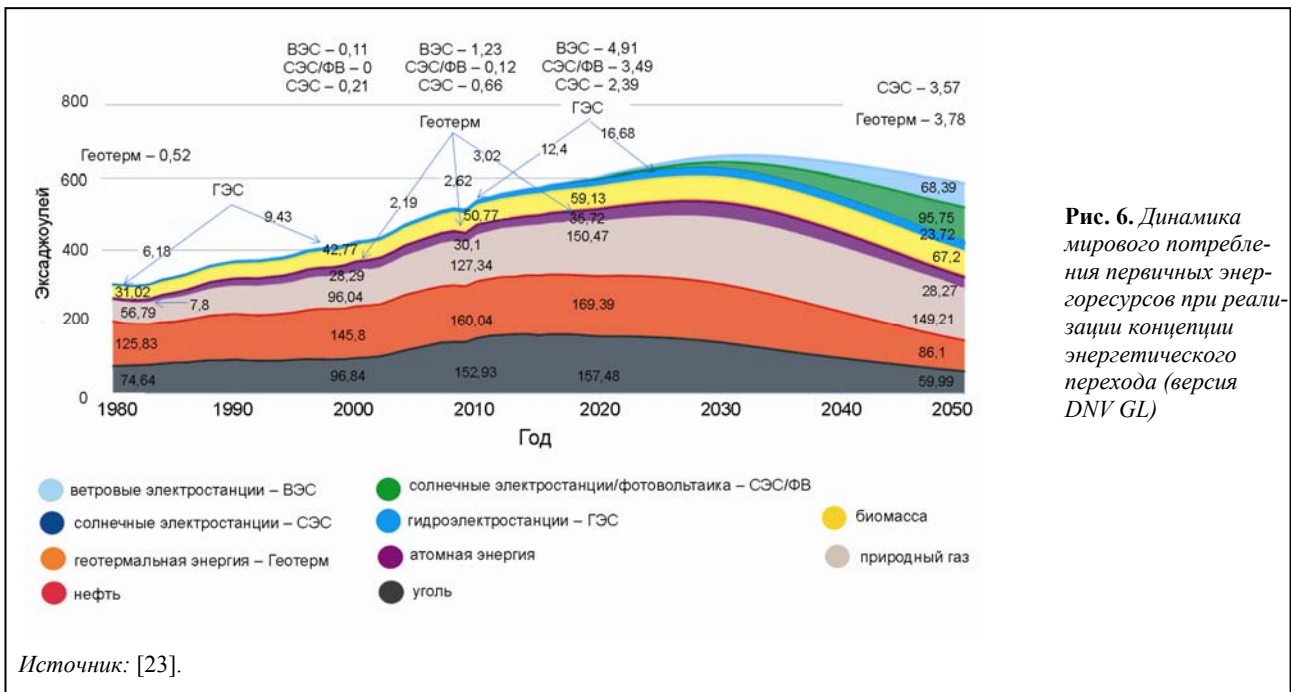
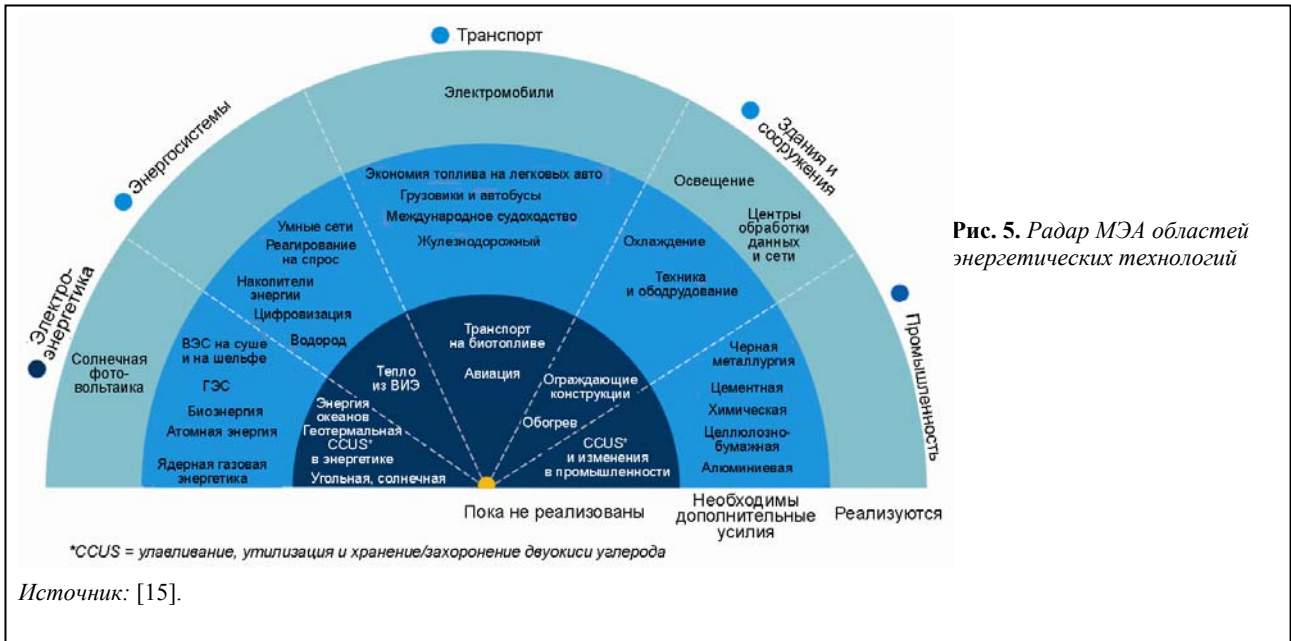
гий и инноваций в обеспечении энергетического перехода. Выше уже было отмечено, что энергетический переход стал возможен в результате целого ряда технологических инноваций, достигнутых в начале XXI в. Причем, эти инновации в энергетической системе носят либо инкрементный, либо прорывной характер. Как отмечают эксперты ВЭФ [18], инкрементные инновации, такие как цифровизация, искусственный интеллект и машинное обучение, помогли энергетической системе стать более эффективной и продуктивной. В дополнение к оптимизации процессов и использования активов, они также позволили внедрить новые бизнес-модели, которые существенно изменили ландшафт энергетической системы.

Но ускорение энергетического перехода требует прорывных инноваций. В отличие от инкрементных, прорывные инновации не могут материализоваться в короткие сроки с небольшим первоначальным капиталом; они по своей сути являются долговременными и капиталоемкими, и уязвимы к неопределенностям энергетических рынков и политического климата. По данным МЭА, только четыре из 38 областей энергетических технологий в 2018 г. были на пути к реализации (рис. 5). Поэтому необходимо будет ускоренными темпами разработать для широкого внедрения прорывные инновации не только в производстве электроэнергии или добыче энергоресурсов, но и в целом ряде других областей. Это, прежде всего, использование водорода, биотоплива и накопителей энергии, а также улавливание, утилизация и хранение углерода (CCUS) и глубокая декарбонизация различных секторов конечного использования энергии (таких, как авиация, судоходство, производство цемента и стали). На рис. 5 показан разработанный МЭА своеобразный радар энергетических технологий, необходимых для обеспечения энергетического перехода.

Именно в этих областях развернется и ожесточенная конкурентная борьба между компаниями и государствами, ибо обладание подобными технологиями даст их владельцу неоспоримое преимущество перед другими игроками мировых энергетических рынков⁸.

Естественно, что достижение такой масштабной цели, как обеспечение энергетического перехода – стабилизации глобальных выбросов парниковых газов, удовлетворения будущего спроса на энергию и расширения доступа к надежной чистой электроэнергии – потребует значительных дополнительных инвестиций по сравнению с теми, которые бы понадобились при обычном развитии энергетики. Так, по оцен-

⁸По некоторым оценкам борьба за технологии выйдет на первое место, оттеснив традиционную борьбу за ресурсы и рынки.



кам экспертов МГЭИК, ежегодные инвестиции в низкоуглеродную энергетику и в технологии, обеспечивающие рост энергоэффективности, должны быть увеличены к 2050 г. примерно в 6 раз по сравнению с уровнем 2015 г., составив порядка 1 % мирового ВВП [7]. Необходимость значительного роста инвестиций подтверждают результаты исследований и других организаций, в частности, МЭА [21] и IRENA [9, 14].

При этом на развитие традиционных отраслей энергетики (газовой, нефтяной, угольной, тепловой электрогенерации) выделение инвестиций будет существенно снижено. Так, в сценарии энергоперехода IRENA (Сценарии "Дорожная карта по возобновляемым источникам энергии" – REMap Case, опубликованном в

2018 и 2019 гг.) инвестиции на эти цели составят, соответственно, всего порядка 611 и 486 млрд дол. в среднегодовом исчислении [9, 14]. Для сравнения: в Сценарии Новых политик WEO-2018 среднегодовой объем подобных инвестиций в 2026–2040 гг. составляет 1081 млрд дол. Правда, в Сценарии устойчивого развития, близком по идеологии к сценариям энергетического перехода, этот показатель составляет 574 млрд дол. [22].

Значительное снижение инвестиций закономерно влечет за собой резкое сокращение потребления ископаемых видов топлива и, соответственно, эмиссии CO₂, что, собственно говоря, и является основной целью концепции энергетического перехода (рис. 6).

Естественно, в исследованиях других аналитических центров и динамика глобального энергопотребления, и его структура отличаются от показанных на рис. 6, причем иной раз достаточно значительно. Однако эти отличия касаются лишь времени (годов) и количественных данных (цифр), тогда как принципиальных различий между ними, в основном, нет.

В частности, отличия касаются времени наступления и величины пика как энергопотребления в целом, так и потребления нефти и природного газа.

Так, в представленном компанией DNV GL 10 сентября 2018 г. в Лондоне прогностическом исследовании "Energy Transition Outlook 2018. A global and regional forecast to 2050" [23] отмечается, что достижения в области энергоэффективности и использования ВИЭ позволяют предвидеть большие изменения и в объемах глобального спроса на первичную энергию, и в ее структуре. В частности, как уже было сказано в [24], суммарное потребление первичных энергоресурсов достигнет своего пика (15809 млн т н. э.) уже 2032 г., а конечное – в 2035 г. (11224 млн т н. э.). К 2050 г. эти объемы снизятся, соответственно, до 13994 и 10746 млн т н. э. При этом пик спроса на нефть (4033 млн т н. э. или 91,2 млн барр./сут) будет достигнут уже в 2023 г., после чего потребление нефти начнет снижаться и составит в 2050 г. всего 2052 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. Именно эти данные и показаны на рис. 6.

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 [24].

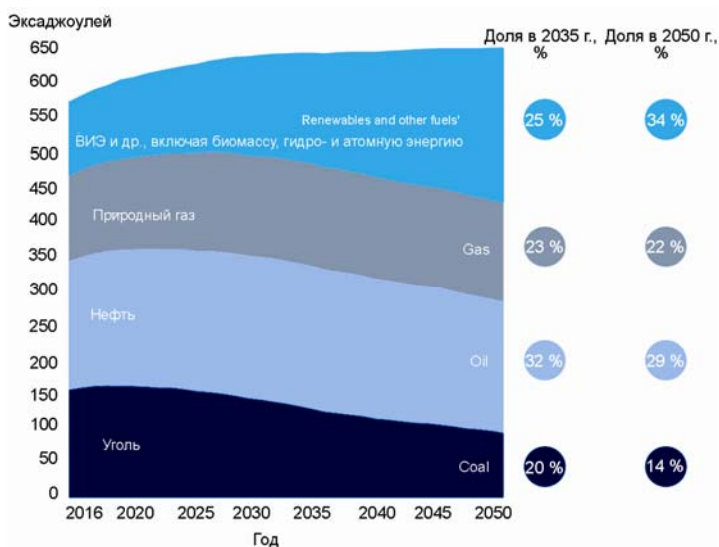
Аналогичные оценки других аналитических и прогностических центров были приведены автором в четвертом номере этого журнала (Колонка главного редактора) [24], поэтому повторять их не будем. Добавим лишь оценки Агентства IRENA, приведенные в издании 2019 г., где показаны среднегодовые объемы потребления ископаемых видов топлива в 2016–2050 гг.

Они таковы: нефти – всего 22 млн барр./сут против 95 млн барр./сут в 2010–2017 гг., природного газа – 2250 против 3752 млрд м³ и угля – 713 млн т в



Источник: [25].

Рис. 7. Нефтяная эра еще не закончилась, но пик спроса на нее может быть достигнут через 15–20 лет



Источник: [28].

Рис. 8. Структура глобального энергопотребления, 2016–2050 гг.

угольном эквиваленте против 5357 млн т, соответственно [14].

Дополнительно приведем результаты еще одного подобного прогноза, разработанного аналитиками Bernstein Research (рис. 7).

Выше уже было отмечено, что природный газ является относительно чистым источником энергии, поэтому, по мнению многих экспертов, в среднесрочной перспективе спрос на него будет расти. В более отдаленном периоде, на уровне 2040–2050 гг., этот рост может стабилизироваться. Но, как говорится, "возможны варианты".

В том же прогностическом исследовании компании DNV GL объем потребления газа в 2050 г. ожидается практически таким же, как и в 2020 г. При этом

его доля в суммарном мировом энергопотреблении даже немного возрастет и составит 25,5 против 25 % в 2020 г.

Практически стабильным (± 3 %) ожидается потребление газа после 2025 г. и в Сценарии устойчивого развития WEO-2018 (2025 г. – 3454 млн т н. э., 2040 г. – 3433 млн т н. э.) с достижением пика спроса в 2030 г. (3554 млн т н. э.).

Напротив, в Сценарии текущих политик WEO-2018, который исходит из сохранения существующего положения дел, текущей государственной политики ведущих стран мира, глобальный спрос на нефть и другие жидкие виды топлива составляет в 2040 г. 124,1 млн барр./сут, или 29 % общемирового энергопотребления, равного 19328 млн т н. э., а природного газа – 5847 млрд м³, (27,6 %) [22].

Продолжение быстрого роста мирового потребления нефти в период до 2040 г. прогнозируется и Управлением энергетической информации США. В его последнем International Energy Outlook (IEO-2018) к 2040 г. глобальный спрос на нефть составит порядка 229 квадриллионов британских тепловых единиц – БТЕ (свыше 131 млн барр./сут, или 31 % всего мирового энергопотребления), природного газа – 182 квадриллиона БТЕ (порядка 5,6 трлн м³, или почти 25 %) [26].

Оценки Секретариата ОПЕК (World Oil Outlook 2018) близки к оценкам базового сценария последнего прогноза МЭА. Они также исходят из того, что мировой рост спроса на нефть в перспективе будет осуществляться замедляющимися темпами и составит в 2040 г. 111,7 млн барр./сут, или 27,8 % от мирового потребления первичных энергоресурсов. Напротив, темпы роста спроса на природный газ в этот период будут уступать только темпам развития атомной энергетики (соответственно 1,7 % и 2,1 % в среднем за 2015–2040 гг.), опережая темпы использования ВИЭ (1,6 %). Соответственно доля газа в глобальном энергопотреблении достигнет в 2040 г. 25 % [27].

Похожие данные приводит в своем последнем исследовании и консалтинговая компания McKinsey [28], хотя ее прогнозы относительно значимости ВИЭ в структуре глобального энергопотребления принципиально отличаются от взглядов идеологов энергетического перехода (рис. 8). Так, рост потребления газа в этом исследовании продолжится до 2035 г., после чего стабилизируется в течение 10–15 лет.

Существенно меняются в концепции энергетического перехода роль и сущность основных факторов нефтегазовой отрасли – нефтегазовых компаний.

Как отмечают зарубежные специалисты, нефтегазовые компании все чаще сталкиваются с целым рядом проблем, относящихся к их деятельности в условиях обеспокоенности общественности проблемами изменения климата [29]:

- юридическими проблемами со стороны экологических активистов;
- требованиями инвесторов раскрывать связанные с изменением климата бизнес-риски;

- призывами к большей прозрачности в части выбросов парниковых газов со стороны государственных регулирующих органов;

- сокращением банковского кредитования некоторых видов нефтегазовых проектов;

- меньшим желанием молодежи работать в отрасли.

В то же время их способность выработать согласованный ответ осложняется неопределенностью в отношении будущей государственной политики, будущего спроса на углеводороды и темпов развития технического прогресса и потребительских настроений.

Конечно, определенные действия в этом направлении предпринимаются. Так, в 2016–2017 гг. 7 нефтегазовых компаний (Royal Dutch Shell, BP, Total, ExxonMobil, Chevron, Eni и Equinor) совместно запустили более 100 проектов по снижению выбросов парниковых газов. Они направляли значительные инвестиции в улавливание углерода (42 % от общего объема проектов), энергоэффективность (25 %), борьбу с сжиганием газа на факелах (21 %) и сокращение выбросов метана из неисправного оборудования (12 %). Эти усилия позволят сократить общие выбросы примерно на 20 млн т эквивалента двуокиси углерода в год. В 2018 г. эти компании объявили о планах инвестировать в течение следующих 5 лет в среднем 2,5 %, а в некоторых случаях до 6 % от их общих капитальных затрат на проекты, связанные с ВИЭ [29].

По данным Ernst & Young, 10 международных нефтяных компаний, самостоятельно либо с партнерами с начала 2014 г. по начало 2018 г. в совокупности инвестировали более 16 млрд дол. (из общей суммы капитальных затрат более чем на 350 млрд дол.) в энергетику будущего. Половина из этого объема инвестиций (около 7,9 млрд дол.) была направлена на реализацию проектов возобновляемой энергетики (40 % на ветроэнергетику и 9 % на солнечную энергию). Несколько компаний начинают инвестировать значительные средства в передовые аккумуляторные технологии и офшорную ветроэнергетику [30].

Готовясь к последствиям энергетического перехода, руководство Саудовской Аравии объявило о намерениях уже к 2023 г. добавить 9,5 ГВт солнечной энергии к действующей энергосистеме страны. Инвестиции на эти цели составят порядка 50 млрд дол. [31]. Огромное внимание Саудовская Аравия уделяет и развитию нефте- и газохимии.

Как уже отмечалось выше, потребление углеводородов не рухнет в одночасье. Однако растущая озабоченность общественности по поводу воздействия на окружающую среду будет оказывать все большее давление на нефтегазовые компании. И руководители отрасли должны своевременно реагировать на появление сложных вопросов, возникающих у общества в связи с обеспокоенностью по поводу изменения климата и неопределенных последствий энергетического перехода. При этом краткосрочные, оперативные меры должны быть увязаны со стратегическими, долгосрочными планами устойчивого развития.

Следует также учитывать, что изменения в глобальном балансе между спросом и предложением на нефть и газ окажут существенное влияние и на геополитику, что, в свою очередь, скажется на функционировании энергетических рынков. В частности, как отмечают эксперты ВЭФ, международные усилия по принятию политики, направленной на смягчение последствий использования ископаемых видов топлива, создают геополитические проблемы не только для богатых нефтью и газом стран, но и для развивающихся экономик, в которых спрос на энергию будет продолжать расти наряду с ростом индустриализации [32].

Все эти тенденции и новации необходимо учитывать и Российской Федерации, в том числе и при разработке проекта Энергетической стратегии России на период до 2035 года, и при реализации целей и задач, поставленных перед страной в Указе Президента РФ В.В. Путина от 07.05.2018 г. № 204⁹.

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 [34]. Но чтобы сырьевой, прежде всего нефтегазовый, сектор мог обеспечить ресурсами выполнение поставленных крайне необходимых целей и задач, позволяющих России и в XXI в. быть в числе ведущих держав мира, нужна и его современная модернизация.

И, конечно же, нужно еще раз внимательно оценить те возможности, которые открывает перед страной ресурсно-инновационная стратегия¹⁰, о которой в последнее время стали незаслуженно забывать.

Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2013–2020 годы. Раздел 9 "Науки о Земле"; направления фундаментальных исследований: 131. "Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья" и 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", № АААА-А16-116031750016-3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мастепанов А.М. О факторах ценообразования на мировом нефтяном рынке и роли сланцевой нефти в этом процессе // *Нефть. хоз-во.* – 2016. – № 9. – С. 6–10.
2. Мастепанов А.М. Климат ориентированные сценарии в прогнозах Международного энергетического агентства // *Эколог. вестн. России.* – 2017. – № 6. – С. 1–7.
3. Мастепанов А.М. Новая энергетическая картина мира – новые вызовы и неопределенности развития нефтегазовой отрасли // *Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом.* – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2017. – № 11. – С. 9–14.
4. Мастепанов А.М. Современная мировая политика: учеб. / под ред. Е.П. Бажанова. – М.: Изд.-торг. корпорация "Дашиков и К", 2018. – Глава 4. Мировая энергетика: основные проблемы и тенденции развития. – С. 67–99.
5. Мастепанов А.М. Основные тенденции и факторы развития мировой энергетике в 2010-е годы // *Вестн. Дипломатической академии МИД России. Россия и мир.* – 2019. – № 2 (20). – С. 40–63.
6. Мастепанов А.М. О глобальном потеплении, низкоуглеродной энергетике и перспективах нефтегазовой отрасли // *Экологич. вестн. России.* – 2016. – № 5. – С. 9–20.
7. *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
8. *Future of Energy. Global Issue / Co-curated with: Massachusetts Institute of Technology.* – URL: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb00000038oN6EAI?tab=publications>
9. *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>
10. Fereidoon Sioshansi. IEA: Future is electric and increasingly renewable. – URL: <https://energypost.eu/iea-future-is-electric-and-increasingly-renewable/>
11. Энергетический поворот. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетический_поворот
12. *Energiewende in Germany.* – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Energiewende_in_Germany
13. *Perspectives for the Energy Transition: Investment needs for a low-carbon energy system / OECD/IEA and IRENA 2017.* – 204 p. – URL: <https://www.irena.org/publications/2017/Mar/Perspectives-for-the-energy-transition-Investment-needs-for-a-low-carbon-energy-system>
14. *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>
15. *Energy Technology Perspectives 2017. Catalysing Energy Technology Transformations / International Energy Agency, OECD/IEA.* – 2017. – 443 p.

⁹Указ Президента Российской Федерации В.В. Путина от 07.05.2018 г. № 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года"[33].

¹⁰Ресурсно-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 [35, 36].

16. Сидорович В. Куда в энергетике ветер дует. – URL: https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2019/07/15/806611-kuda-v-energetike-veter-duet?utm_campaign=newspaper_16_7_2019&utm_medium=email&utm_source=vedomosti
17. Kalesi P. Methane: Europe's climate blind spot. – URL: <https://www.euractiv.com/section/climate-environment/opinion/methane-europes-chronic-climate-blind-spot/>
18. 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
19. BP Statistical Review of World Energy. – June 2019. – URL: <http://www.bp.com/statisticalreview>
20. 2017 Future Consensus Forum / Future Consensus Institute. – 2017. – 243 p.
21. World Energy Outlook 2017 / OECD/IEA. – 2017. – 782 p. – URL: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2017>
22. World Energy Outlook 2018 / OECD/IEA. – 2018. – 645 p. – URL: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2018>
23. Energy Transition Outlook 2018. A global and regional forecast to 2050. – 324 p. – URL: <https://eto.dnvgl.com/2018/#Energy-Transition-Outlook-2018->
24. Мастепанов А.М. Нефть в перспективном мировом энергетическом балансе: на перепутье мнений и оценок // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – М., 2019. – № 4 (172). – С. 5–8.
25. Demand for oil will peak in 2030, says research. – URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/04/demand-for-oil-will-peak-in-2030-says-research/>
26. International Energy Outlook 2018 (IEO2018): Presentation. – URL: https://www.eia.gov/pressroom/presentations/capuano_07242018.pdf
27. 2018 OPEC World Oil Outlook. – September 2018. – 412 p. – URL: <http://www.opec.org>
28. 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>
29. In a Warming World, How Should Big Oil Navigate the Future? / M. Berns, C. Brognaux, A. Dewar [et al.]. – URL: <https://www.bcg.com/publications/2019/warming-world-big-oil-navigate-future.aspx>
30. How is big oil is transitioning to power the future? – URL: https://www.ey.com/en_gl/oil-gas/how-can-big-oil-transition-to-power-the-future
31. URL: <https://interaffairs.ru/news/show/18490>
32. Oil and Gas Industry / James A. Baker III Institute for Public Policy, Rice University. – URL: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb000000L0nGEAW?tab=publications>
33. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: указ Президента Российской Федерации В.В. Путина от 07 мая 2018 г. № 204 (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 19 июля 2018 г. № 444). – URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027/page/1>
34. Структурно-инвестиционная политика в целях обеспечения экономического роста в России: моногр. / под науч. ред. акад. В.В. Ивантера. – М.: Науч. консультант, 2017. – 196 с.
35. Ресурсно-инновационное развитие экономики России / А.Н. Дмитриевский, Н.И. Комков, А.М. Мастепанов, М.В. Кротова; под. ред. А.М. Мастепанова, Н.И. Комкова. – Ижевск: Ижевский ин-т компьютер. исслед., 2013. – 736 с.
36. Ресурсно-инновационное развитие экономики России / А.Н. Дмитриевский, Н.И. Комков, А.М. Мастепанов, М.В. Кротова; под. ред. А.М. Мастепанова, Н.И. Комкова. – Изд. 2-е, доп. – М.: Ин-т компьютер. исслед., 2014. – 734 с.

LITERATURA

1. Mastepanov A.M. O faktorakh tsenoobrazovaniya na mirovom neftyanom rynke i roli slantsevoy nefiti v etom protsesse // *Neft. khoz-vo.* – 2016. – № 9. – С. 6–10.
2. Mastepanov A.M. Klimat oriyentirovannyye stsenarii v prognozhakh Mezhdunarodnogo energeticheskogo agentstva // *Ekolog. vestn. Rossii.* – 2017. – № 6. – С. 1–7.
3. Mastepanov A.M. Novaya energeticheskaya kartina mira – novyye vyzovy i neopredelennosti razvitiya neftegazovoy otrasli // *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom.* – М.: ОАО "VNIOENG", 2017. – № 11. – С. 9–14.
4. Mastepanov A.M. Sovremennaya mirovaya politika: ucheb. / pod red. E.P. Bazhanova. – М.: Izd.-torg. korporatsiya "Dashkov i K", 2018. – Glava 4. Mirovaya energetika: osnovnyye problemy i tendentsii razvitiya. – С. 67–99.
5. Mastepanov A.M. Osnovnyye tendentsii i faktory razvitiya mirovoy energetiki v 2010-e gody // *Vestn. Diplomaticheskoy akademii MID Rossii. Rossiya i mir.* – 2019. – № 2 (20). – С. 40–63.
6. Mastepanov A.M. O global'nom potepnenii, nizkouglerodnoy energetike i perspektivakh neftegazovoy otrasli // *Ekologich. vestn. Rossii.* – 2016. – № 5. – С. 9–20.
7. 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
8. Future of Energy. Global Issue / Co-curated with: Massachusetts Institute of Technology. – URL: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb00000038oN6EAI?tab=publications>
9. 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>
10. Fereidoon Siohanshi. IEA: Future is electric and increasingly renewable. – URL: <https://energypost.eu/iea-future-is-electric-and-increasingly-renewable/>
11. Energeticheskiy povorot. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Energeticheskiy_povorot
12. Energiewende in Germany. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Energiewende_in_Germany
13. Perspectives for the Energy Transition: Investment needs for a low-carbon energy system / OECD/IEA and IRENA 2017. – 204 p. – URL: <https://www.irena.org/publications/2017/Mar/Perspectives-for-the-energy-transition-Investment-needs-for-a-low-carbon-energy-system>
14. 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>
15. Energy Technology Perspectives 2017. Catalysing Energy Technology Transformations / International Energy Agency, OECD/IEA. – 2017. – 443 p.

16. Sidorovich V. Kuda v energetike veter duyet. – URL: https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2019/07/15/806611-kuda-v-energetike-veter-duyet?utm_campaign=newspaper_16_7_2019&utm_medium=email&utm_source=vedomosti
17. Kalesi P. Methane: Europe's climate blind spot. – URL: <https://www.euractiv.com/section/climate-environment/opinion/methane-europes-chronic-climate-blind-spot/>
18. 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
19. BP Statistical Review of World Energy. – June 2019. – URL: <http://www.bp.com/statisticalreview>
20. 2017 Future Consensus Forum / Future Consensus Institute. – 2017. – 243 p.
21. World Energy Outlook 2017 / OECD/IEA. – 2017. – 782 p. – URL: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2017>
22. World Energy Outlook 2018 / OECD/IEA. – 2018. – 645 p. – URL: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2018>
23. Energy Transition Outlook 2018. A global and regional forecast to 2050. – 324 p. – URL: <https://eto.dnvgl.com/2018/#Energy-Transition-Outlook-2018->
24. Mastepanov A.M. Neft' v perspektivnom mirovom energeticheskom balanse: na pereput'ye mneniy i otsenok // Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom. – M., 2019. – № 4 (172). – S. 5–8.
25. Demand for oil will peak in 2030, says research. – URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/04/demand-for-oil-will-peak-in-2030-says-research/>
26. International Energy Outlook 2018 (IEO2018): Presentation. – URL: https://www.eia.gov/pressroom/presentations/capuno_07242018.pdf
27. 2018 OPEC World Oil Outlook. – September 2018. – 412 p. – URL: <http://www.opec.org>
28. 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
29. In a Warming World, How Should Big Oil Navigate the Future? / M. Berns, C. Brognaux, A. Dewar [et al.]. – URL: <https://www.bcg.com/publications/2019/warming-world-big-oil-navigate-future.aspx>
30. How is big oil is transitioning to power the future? – URL: https://www.ey.com/en_gl/oil-gas/how-can-big-oil-transition-to-power-the-future
31. URL: <https://interaffairs.ru/news/show/18490>
32. Oil and Gas Industry / James A. Baker III Institute for Public Policy, Rice University. – URL: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000000L0nGEAW?tab=publications>
33. O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda: ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii V.V. Putina ot 07 maya 2018 g. № 204 (v redaktsii Ukaza Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 19 iyulya 2018 g. № 444). – URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027/page/1>
34. Strukturno-investitsionnaya politika v tselyakh obespecheniya ekonomicheskogo rosta v Rossii: monogr. / pod nauch. red. akad. V.V. Ivantera. – M.: Nauch. konsul'tant. – 2017. – 196 s.
35. Resursno-innovatsionnoye razvitiye ekonomiki Rossii / A.N. Dmitriyevskiy, N.I. Komkov, A.M. Mastepanov, M.V. Krotova; pod. red. A.M. Mastepanova, N.I. Komkova. – Izhevsk: Izhevskiy in-t komp'yuter. issled., 2013. – 736 s.
36. Resursno-innovatsionnoye razvitiye ekonomiki Rossii / A.N. Dmitriyevskiy, N.I. Komkov, A.M. Mastepanov, M.V. Krotova; pod. red. A.M. Mastepanova, N.I. Komkova. – Izd. 2-e, dop. – M.: In-t komp'yuter. issled., 2014. – 734 s.

Алексей Михайлович Мастепанов, д-р экон. наук, академик РАЕН, руководитель Аналитического центра энергетической политики и безопасности ИПНГ РАН, член Совета директоров Института энергетической стратегии

Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН)
119333, Россия, г. Москва, ул. Губкина, 3.
E-mail: amastepanov@mail.ru

Alexey Mikhailovich Mastepanov, Dr. of economic sci., academician of the Russian Academy of Economic Sciences, Head of the Analytical Center of the Energy policy and Security of IPNG RAS, a member of the Directorate Council of the Institute of Energy Strategy

Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences (OGRI RAS)
3, Gubkin str., Moscow, 119333, Russian Federation.
E-mail: amastepanov@mail.ru