

**ТЭК РОССИИ НА ПОРОГЕ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ\*****Баграт Айкович ЕРЗНКЯН<sup>а</sup>, Самвел Манучарович АРУТЮНЯН<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории стратегии экономического развития, Центральный экономико-математический институт РАН, заместитель директора центра стратегических и инновационных исследований, Государственный университет управления, Москва, Российская Федерация  
yerz@semi.rssi.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 3602-8624

<sup>б</sup> кандидат экономических наук, Москва, Российская Федерация  
samvel2424@gmail.com  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

\* Ответственный автор

**История статьи:**

Получена 13.03.2018  
Получена в доработанном виде 22.03.2018  
Одобрена 10.04.2018  
Доступна онлайн 29.05.2018

УДК 338.012, 338.45  
JEL: L71, O3, O13, Q4

**Ключевые слова:** ТЭК России, индустрия 4.0, четвертая промышленная революция, энергетика будущего

**Аннотация**

**Предмет.** Исследование перспектив развития ТЭК России, анализ основных тенденций развития глобальной энергетики с разбором ключевых факторов, определивших ход событий, изучение текущей рыночной конъюнктуры энергоресурсов, сравнительный анализ последних долгосрочных прогнозов эволюции мирового энергопотребления с учетом внедрения новых технологий.

**Цели.** Предложить приоритетные для российского ТЭК направления развития с учетом природно-климатических и экономических особенностей страны.

**Методология.** Используются методы экономического, статистического анализа, методы экспертных оценок, а также аналитические методы сбора и обработки информации.

**Результаты.** Насущной проблемой российской энергетики является низкий стимул к развитию возобновляемой энергетики и технологий альтернативного применения углеводородного топлива, что в долгосрочной перспективе чревато технико-технологическим отставанием и дисбалансом энергосистемы. Относительно низкие уровни диверсификации отрасли, показателей эффективности и экологичности генерации, транспортировки, хранения и потребления энергии снижают экономическую привлекательность и конкурентоспособность всей энергетической системы в грядущей цифровой низкоуглеродной экономике.

**Выводы.** Учитывая ожидаемые изменения в рыночной конъюнктуре, можно констатировать, что ТЭК России в будущем вряд ли сможет обеспечивать формирование стабилизационных фондов и служить драйвером экономического роста, если не принять безотлагательно решительных мер по углублению диверсификации энергетики и ее реформированию. Следует сконцентрировать усилия по следующим направлениям: снижение энергоемкости ВВП и повышение энергетической и экономической эффективности энергетики; углубление диверсификации топливно-энергетического баланса страны; увеличение доли глубоко переработанной нефти и нефтепродуктов в структуре экспорта и развития сети заводов по производству сжиженного природного газа; интенсивное финансирование НИОКР в сфере альтернативной энергии с акцентом на биоэнергетику, ветряную и термоядерную энергетику, также активное развитие технологий хранения электроэнергии, в частности высокочастотных дешевых аккумуляторов – основы энергетики будущего.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

**Для цитирования:** Ерзнкян Б.А., Арутюнян С.М. ТЭК России на пороге четвертой промышленной революции // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 5. – С. 836 – 855.  
<https://doi.org/10.24891/ea.17.5.836>

## Введение

Классик экономической теории Адам Смит, разграничивая преимущества стран на естественные (климатические особенности, географическое положение, природные ресурсы) и приобретенные (квалификация рабочих, технологии производства), утверждал, что приобретенные преимущества гораздо важнее: «каковы бы ни были почва, климат и размеры территории того или иного народа, обилие или скудость его годового снабжения всегда будет зависеть от этих двух условий:... во-первых, искусством, умением и сообразительностью, с какими, в общем, применяется его (народа) труд, и, во-вторых, отношением между числом тех, кто занят полезным трудом, и числом тех, кто им не занят». Далее он приходит к выводу, что «обилие или скудость этого снабжения зависит, по-видимому, в большей степени от первого из этих условий, чем от второго» [1, с. 65].

Смит был очевидцем революционных перемен в Великобритании XVIII в., демонстрирующих важность приобретенных преимуществ в обеспечении благосостояния и процветания нации, связанных с изобретением и внедрением паровых двигателей, механических ткацких и токарных станков, с использованием в металлургии каменноугольного кокса для получения чугуна из руды в доменной печи и других изобретений. Все они вместе привели в целом к первой промышленной революции – переходу от преимущественно аграрной экономики к промышленному производству, трансформации аграрного общества в индустриальное (детальный анализ влияния промышленной революции на развитие сельского хозяйства в Британии представлен в работах М. Овертона [2], Г.Е. Мингайя и Дж. Тирска [3]). Оппонент Смита Давид Рикардо также отмечал положительный эффект от механизации производства, говоря, что «рост чистого дохода, измеряемого в товарах, всегда является следствием усовершенствования машин и влечет за собой

новые сбережения и накопления» [4, с. 338]. Таким образом, технико-технологические открытия вместе с институциональными преобразованиями позволили относительно маленькому островному государству выйти на лидирующие позиции по производительности труда, обороту капитала, торговле и доминировать на международной военно-политической арене.

Следующий технико-технологический скачок, названный П. Геддесом [5, с. 46] второй промышленной революцией и введенный в широкий оборот экономистом Д. Лэндисом [6], ознаменовался внедрением бессемеровского способа выплавки стали, обеспечивающего производство качественной сталелитейной продукции, и широким использованием электроэнергии в промышленности, что способствовало распространению поточного производства, поточных линий и постепенной автоматизации процессов производства. Эпоха также отметилась началом особого отношения общественности к науке, к возможностям прикладного применения научных достижений в хозяйственной деятельности. Финансирование научных исследований носило систематический характер, у большинства крупных и средних предприятий появились статьи затрат на НИОКР, наука стала фактором производства, обеспечивающим конкурентоспособность предприятий в долгосрочной перспективе. Как писал Альфред Маршалл, представитель Кембриджской школы и современник второй промышленной революции, «благодаря повышению общей просвещенности и чувства ответственности за юные поколения наращивание общественного богатства стало осуществляться в значительной степени за счет инвестиций капитала, как вещественного, так и личного. Это нашло свое воплощение в громадном росте предложения квалифицированного труда, который намного увеличил национальный дивиденд и поднял средний уровень доходов всего народа» [7, с. 252].

Границы третьей промышленной революции нечетко определены и являются предметом

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-06-00500а).

дискуссий. Как считает Джереми Рифкин, ей еще предстоит совершиться путем «перехода на возобновляемые источники энергии, превращения всех зданий на каждом континенте в мини-электростанции, использования водородной и других технологий в каждом здании для аккумуляции периодически генерируемой энергии, использования интернет-технологий для превращения энергосистемы каждого континента в интеллектуальную электросеть, обеспечивающую распределение энергии, подобно распределению информации в Интернете, и перевода автомобильного парка на электромобили с подзарядкой от сети или автомобиля на топливных элементах» [8, с. 36]. Для Дж. Рифкина ключевым фактором, ведущим к промышленной революции, является схождение коммуникационных и энергетических технологий. Приводя пример второй промышленной революции, он утверждает, что драйверами революционных процессов в США стали развитие центрального электроснабжения, активная добыча топливно-энергетических ресурсов, изобретение двигателя внутреннего сгорания и принятие закона о финансировании строительства федеральной системы автодорог в 1956 г., положившие начало строительному буму коммерческой и жилой недвижимости в США и в целом к росту экономики страны.

Противоположного мнению Рифкина взгляда придерживается идеолог четвертой промышленной революции Клаус Шваб, по которому третья промышленная революция началась в 1960-х гг., с момента интенсивного использования электроники и информационных технологий для автоматизации производства. По его словам, ее (третью промышленную революцию) обычно называют компьютерной или цифровой революцией, так как ее катализатором стало развитие полупроводников, использование больших ЭВМ (1960-х гг.), персональных компьютеров (в 70-х и 80-х гг. прошлого столетия) и сети Интернет (в 1990-х гг.) [9, с. 7]. Далее он связывает четвертую промышленную революцию с цифровой революцией:

«цифровые технологии, основанные на аппаратном и программном обеспечении и сетях, не являются новшеством, но с каждым годом уходят все дальше от третьей промышленной революции, становятся более усовершенствованными и интегрированными, вызывая трансформацию общества и глобальной экономики» [9, с. 8]. Таким образом, четвертая промышленная революция знаменуется появлением новых «умных» материалов, благодаря исследованиям в области нанотехнологий, развитием робототехники, технологий 3D- и 4D-печати (аддитивные технологии), геномной инженерии, внедрением во все сферы народного хозяйства искусственного интеллекта, расширением вширь и вглубь интернет-вещей, активным использованием летательных аппаратов и других новейших технологий. Текущие и предстоящие преобразования позволяют сделать однозначный вывод, что мирное и благополучное существование человечества еще никогда так не зависело от науки, как в цифровой эпохе. Научное знание и информация усилят свою роль в иерархии факторов производства, воздействуя непосредственно на рост и развитие экономики. Именно структурные изменения в иерархии производственных факторов позволяют, на наш взгляд, с уверенностью говорить о наступлении эры четвертой промышленной революции. Данное утверждение базируется на том, что на каждом этапе революционных технико-технологических открытий и их массовом использовании в народном хозяйстве происходит переосмысление экономических процессов и реструктуризация ресурсов, необходимых для производства товаров и услуг.

Наблюдаемый прогресс и связанные с ним глубокие структурные изменения одновременно с процветанием всего человечества несут новые вызовы для всех стран в отдельности, среди которых не является исключением Россия, перед которой встает задача обеспечения конкурентоспособности экономики в целом и стратегических отраслей в частности, в формирующейся глобальной цифровой среде,

эволюционирующей экспоненциальными темпами. Ввиду особой значимости для России топливно-энергетического комплекса наше исследование посвящено анализу основных тенденций развития четвертой промышленной революции в контексте их влияния на ТЭК, предпринята попытка предложить необходимые меры для грамотной перестройки российской экономики.

### **Энергетика: краткий исторический очерк**

С незапамятных времен человечество было озабочено поиском потребляемой энергии в широком ее понимании, с появлением же первых цивилизаций обеспечение государства достаточно дешевой энергией и контроль над ее целенаправленным распределением в народном хозяйстве стали главными задачами правящих элит. Вплоть до первой промышленной революции основными объектами концентрации эксплуатируемой человеком энергии служили мышечная сила человека и животных, биомасса, при сжигании которой выделялись свет и тепло, далее, с постепенным развитием инженерной мысли, к этому списку добавились стихии природы – вода и ветер. Степень доступа к антропогенной энергии определялась двумя факторами: во-первых, удачным географическим положением подконтрольной территории, во-вторых, численностью и умениями подданных, что и детерминировало поведение правителей, подталкивая их к военным действиям. Удачный военный поход, кроме укрепления военно-стратегических позиций государства, обеспечивал доступ к природным ресурсам и увеличение площадей сельскохозяйственных угодий, позволял использовать рабский труд пораженного противника и присваивать принадлежащее ему имущество, включая скот.

Технико-технологический прогресс и связанный с ним усиливающийся спрос на металл со стороны машиностроения, вызвал бурное развитие металлургии в период первой промышленной революции, что, естественно, потребовало значительного количества энергии, которое не представлялось возможным обеспечить, используя древесину и древесный уголь, на замену которым пришел

ископаемый уголь. Применение каменного угля в металлургии обеспечило относительно низкокзатратное производство свинца, меди и чугуна. Революционные преобразования в промышленности способствовали процессам урбанизации и интенсивному развитию транспортной системы, в частности железнодорожных путей; произошло схождение коммуникационных и энергетических технологий, ставшее драйвером роста и развития всего западноевропейского общества (подробный анализ становления и развития угольной промышленности в Великобритании представлен в работах Р. Галловейя [10], А. Гриффина [11], Б.Р. Митчелла [12] и других авторов).

Следующим импульсом революционных преобразований в системе генерации энергии и ее потребления стало освоение человеком нефти и природного газа при одновременном изобретении и широком распространении двигателя внутреннего сгорания. Как было отмечено ранее, схождение коммуникационных и энергетических технологий положило начало новой эпохе социально-экономических преобразований в США, которые чуть позднее по тому же сценарию прошли в странах Западной Европы. Как пишет Дэниел Ергин, «говоря абстрактно... нефть триумфально шествовала по планете, одетая в ослепительную тогу из пластика, ее королевское достоинство никто не брал под сомнение. Она одаривала своих верных подданных, делясь своим богатством щедро до расточительности. Ее господство было временем уверенности, роста, расширения производства, удивительных экономических достижений. Ее щедрость преобразовала ее собственное королевство, породила новую цивилизацию. Наступила эра углеводорода» [13, с. 583]. Углеводородная лихорадка не могла не затронуть военно-политических интересов региональных держав. Неравномерное распределение между странами мировых запасов нефти и газа, ограниченный доступ к технологиям добычи, хранения, транспортировки и использования углеводородов стали причинами переосмысления и перестройки внутренней и

внешней политики государств перед лицом обострившейся проблемы обеспечения национальной энергобезопасности в долгосрочном периоде. Растущий дефицит топливно-энергетических ресурсов в странах с наивысшими абсолютными и относительными показателями потребления энергии определил необходимость интенсификации политики разнонаправленной экспансии в страны, богатые углеводородами. Начали формироваться новые регионы – арены ожесточенной глобальной борьбы человечества за энергоресурсы. Исторически беспокойный регион Ближнего Востока ждали фундаментальные перемены. По утверждению Франциско Парра, Big Bang, то есть бум нефтяной промышленности, начался с открытия и развития сверхгигантских месторождений на Ближнем Востоке, большинство которых были обнаружены задолго до 1950 г. [14, с. 34]. Соединенные Штаты и западноевропейские страны были заинтересованы в создании регулируемой стабильной ситуации на Ближнем Востоке, обеспечивающей бесперебойную добычу углеводородов и их безопасную транспортировку до основных рынков сбыта. Это и определило необходимость содействия образованию относительно небольших региональных государств и лояльных Западу политико-экономических элит. В обмен на дешевую нефть страны-экспортеры получили доступ к мировому рынку капитала и широкому спектру новых технологий, обеспечивающих стабильный рост экономик региона и повышение качества жизни населения.

Но была и оборотная сторона медали: черное золото не оставляло равнодушными внутренние и внешние группы интересов, желающие увеличить или отхватить долю от огромного нефтедолларового пирога, что в целом гарантировало эскалацию военно-политических интриг и сохранение напряженной ситуации в ближневосточном регионе и на сопряженных территориях. Немаловажным является появление групп стран, благосостояние которых прямо зависит от развития рынка нефти и нефтепродуктов. Наличие нефтяных ресурсов, с одной стороны,

подпитывает экономику сверхдоходами, но с другой – делает ее своей заложницей, определяя ее судьбу на многие десятилетия. Высокая доля нефтяных доходов в структуре ВВП, следовательно, наличие корреляции макроэкономических показателей и цен на энергоресурсы, ведет к повышению финансово-экономических рисков и в целом к нестабильности экономической системы. Экономике основных крупных ближневосточных экспортеров топливно-энергетических ресурсов, представленных на *рис. 1*, остаются слабо диверсифицированными и сильно зависят от ископаемого топлива. Однако финансовый кризис 2008 г., приведший к спаду темпов роста мировой экономики (в 2009 г. мировой ВВП впервые со времен Второй мировой войны показал отрицательную динамику в размере  $-5,2\%$ ), и научные достижения последних лет в сфере производства и использования энергии заставили правящие круги ряда государств задуматься над необходимостью углубления диверсификации экономики путем интенсификации использования естественных и сравнительных преимуществ собственных стран, финансирования венчурных проектов в сфере новейших технологий, что в будущем позволит им сойти с «нефтяной иглы» и обеспечить конкурентоспособность экономик в долгосрочной перспективе.

Параллельно развитию технологий по добыче и использованию углеводородов, научное сообщество, открыв возможности атомного ядра, активно занялось исследованиями в сфере ядерной энергии. Начиная с 1950-х гг. две сверхдержавы – СССР и США – взяли курс на освоение мирного атома, строительство атомных электростанций с их последующей интеграцией в общую энергосеть. Благодаря трансферу технологий атомные станции стали появляться сначала в Западной Европе, а затем в Азии и в странах Латинской Америки. В своей известной речи *Atoms for Peace*<sup>1</sup> президент США Д. Эйзенхауэр, призывая использовать

<sup>1</sup> *Eisenhower D. Atoms for Peace Speech. The 470th Plenary Meeting of the United Nations General Assembly, 1953. International Atomic Energy Agency (IAEA). URL: <https://www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech>*

атомную энергию исключительно в мирных целях для нужд общества, говорил помимо прочего о необходимости искоренения страха Запада и Востока перед атомом путем сокращения арсенала атомного оружия, а также о создании под эгидой ООН Международного агентства по атомной энергии в целях контроля на надгосударственном уровне деятельности сферы ядерной энергетики.

Человечество связало с ядерной энергией надежду на всеобщую обеспеченность дешевой и экологически чистой энергией, способствующей решению проблем голода и нищеты. Однако несмотря на значительные успехи отдельных стран – например, в 2016 г. в 13 странах мира, среди которых Франция (72,3% от потребляемой электроэнергии), Словакия (54,1%), Швеция (40%), Армения (31,4%), более четверти потребляемой электроэнергии было генерировано атомными электростанциями<sup>2</sup> – ядерные технологии по определенным причинам не получили широкого распространения в энергетике. Более того, Германия, имеющая длительный опыт в эффективном использовании атомной энергии, заявила о полном отказе и закрытии к 2022 г. всех атомных станций на своей территории<sup>3</sup>. Страх перед радиацией стал решающим при распространении и использовании ядерных технологий в народном хозяйстве. По причине двойного назначения распространение ядерных технологий жестко контролируется мировым сообществом, повышая тем самым глобальную безопасность в ущерб активному трансферу технологий. Непопулярность атомных станций связана к тому же с рисками, проявившимися во время аварий на атомных электростанциях Чернобыля в Украинской ССР и Фукусиме-1 в Японии, масштабные разрушительные последствия которых будут ощутимы еще многие десятилетия. Таким образом, на сегодняшний день в мире функционируют 449 реакторов с суммарной

электрической мощностью 392 116 МВт (рис. 2). Однако научно-техническое развитие ведет к снижению эксплуатационных рисков, способствуя тем самым дальнейшей интеграции атомных технологий в экономике. По состоянию на июль 2017 г., 15 стран мира, в том числе Китай (20 реакторов), Россия (7), Индия (5), ОАЭ (4), планируют в будущем вводить в эксплуатацию в общей сложности 60 атомных реакторов с суммарной электрической мощностью 60 578 МВт<sup>4</sup>.

Альтернативой ископаемым источникам и ядерному топливу выступают возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – солнечный свет, водные потоки, ветер, геотермальная теплота, биомасса и др. Выделение тепла и света из возобновляемых источников – явление не новое для человечества. Как уже отмечалось, человек с незапамятных времен научился эксплуатировать природную стихию, повышая тем самым уровень своего комфорта. И хотя цель осталась неизменной, способы ее достижения изменились. Научно-технический прогресс открывает новые горизонты, возможности генерации, хранения, транспортировки и применения энергии из возобновляемых источников, непрерывно повышая их общую конкурентоспособность в энергетике. При выборе технологий преобразования энергии ключевыми факторами являются эффективность, надежность, безопасность и стабильность процессов выработки и подачи тепла и тока. Кумулятивным эффектом интенсивной добычи и сжигания ископаемого топлива стали локальные и глобальные экологические проблемы, выраженные загрязнением окружающей среды, нарушением экосистемы, деградацией земли, увеличением выбросов углекислого газа, следовательно, к повышению его концентрации в атмосфере, приведшие к нарушению баланса в биосфере Земли и прочим пагубным для флоры и фауны факторам.

Учитывая тревожные сигналы ученых об опасности прохода точки невозврата в

<sup>2</sup> World Statistics. Nuclear Energy Around the World. The Nuclear Energy Institute (NEI). URL: <https://www.nei.org/Knowledge-Center/Nuclear-Statistics/World-Statistics>

<sup>3</sup> Nuclear Power in Germany. World Nuclear Association. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/germany.aspx>

<sup>4</sup> Under Construction Reactors. The Power Reactor Information System. International Atomic Energy Agency (IAEA). URL: <https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/UnderConstructionReactorsByCountry.aspx>

изменении климата Земли, что станет началом природно-климатических и социально-экономических бедствий, большинство стран мира поддержали инициативу снижения негативного антропогенного воздействия на природу. Одним из инструментов ее реализации стала рациональная диверсификация энергетики на основе стимулирования исследований в сфере альтернативной энергетики и поддержки стремительной интеграции ВИЭ в общую энергосеть. Результатом реализованных проектов стало значительное повышение КПД альтернативных источников энергии и постепенное увеличение их доли в структуре мирового энергопотребления с 5,6% в 1965 г. до 10% в 2016 г. (рис. 3).

### Энергетика сегодня

Несмотря на доминирующую роль нефти в мировом энергобалансе, вклад которой в общий объем потребляемой первичной энергии составил в 2016 г. 33%, пик ее потребления в расчете на душу населения пришелся на 1979 г. В дальнейшем последовало снижение и закрепление показателя в пределах 0,59 т н.э. в год (рис. 4). В противоположность нефти за рассматриваемый период наблюдается стремительный рост показателей добычи и потребления природного газа почти в 2,5 раза, с 0,18 т н.э. в 1965 г. до 0,43 т н.э. в 2016 г., в частности в сфере промышленности и в домашнем хозяйстве. Растущую популярность газа можно объяснить:

- наличием огромных запасов в природе, что позволяет привлечь достаточное количество перманентного капитала с приемлемым дисконтированным доходом для организации добычи и создания инфраструктуры по доставке и хранению сырья;
- относительно низким, по сравнению с нефтью и углем, показателем выбросов в атмосферу углекислого газа при сжигании;
- возможностью диверсифицировать энергетику и обеспечивать тем самым энергобезопасность стран и регионов.

Что касается угля, то череда взлетов и спадов объемов потребления с 2002 г. сменилась

бурным ростом, связанным с повышением спроса на энергию в азиатском регионе, в частности в Китае и Индии. В 2016 г. страны Азии и Океании потребили 73,8% добытого угля в расчете на тонну нефтяного эквивалента, а именно, Китай – 50,5%, Индия – 11%. Социально-экономические трансформации, углубление индустриализации, растущая численность населения и ускоряющиеся темпы урбанизации – все это требует энергетической подпитки, а значит, и принятия со стороны властей решительных мер по ее обеспечению. Как в Китае, так и в Индии наблюдается значительный рост абсолютных и относительных показателей потребления энергии. Если в 2000 г. на каждого китайца приходилось 0,79 т н.э., а на индуса – 0,3 т н.э. первичной потребляемой энергии, то в 2016 г. показатели достигли 2,21 и 0,55 т н.э. соответственно. Таким образом, экономические приоритеты определили необходимость наращивания, вопреки принципам экологической безопасности, объемов использования угля. В 2016 г. в Китае 61,8% израсходованной энергии было сгенерировано путем сжигания угля, в Индии – 57%. Несмотря на доминирование Китая в мировом рейтинге потребления первичной энергии в абсолютных значениях он сильно отстает от США – лидера по объемам потребления энергии в расчете на душу населения. В 2016 г. на каждого американца приходилось 7,1 т н.э. потребленной первичной энергии, что в четыре раза больше среднемирового значения и более чем в три раза больше аналогичного показателя КНР.

За рассматриваемый период альтернативная энергия демонстрирует относительно плавный ход развития и устойчивость к кризисным явлениям. В 2009 г. при общем спаде объемов потребления первичной энергии в расчете на душу населения на 2,75% произошел рост абсолютных и относительных величин потребления ВИЭ, а именно: на 15% в расчете т н.э. на душу населения и на 0,2% – в структуре общего потребления. Наиболее диверсифицированное энергопотребление наблюдается в объединенной Европе (EU28), где в 2016 г. около 13% общей потребляемой первичной энергии пришлось на долю ВИЭ

(рис. 5). Лидером по мощности генерации энергии из возобновляемых источников стал азиатский регион, в частности Китай, который, по данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), в 2016 г. первенствовал в сфере солнечной (77,8 ГВт), ветряной (149 ГВт) и гидроэнергетики (307 ГВт), а в биоэнергетике с показателем 12,1 ГВт занял третье место после Бразилии (14,2 ГВт) и США (12,5 ГВт). Список стран, вырабатывающих энергию океана, возглавляют Южная Корея (0,25 ГВт) и Франция (0,24 ГВт), США с показателем 2,5 ГВт эклектической мощности доминирует в геотермальной энергетике, после следуют Филиппины (1,92 ГВт) и Индонезия (1,53 ГВт). Также отметим, что среди крупных потребителей энергии Бразилия лидирует в части использования ВИЭ: в 2016 г. 35,6% от общего объема потребленной первичной энергии было обеспечено за счет ВИЭ, в частности гидроэнергетики (29,2%).

Отдельным вопросом в энергетике является ценовая политика. Малейшие изменения цен основных энергоносителей, учитывая ключевое положение энергетике в экономике, создают эффект рычага, прямо влияющего на отрасли народного хозяйства и приводящего к варьированию макроэкономических показателей государств. Если отбросить ценовые войны между экспортерами нефти, политические и военные конфликты, рыночные спекуляции и другие вероятные факторы, то на ценообразование углеводородного топлива в целом влияют ожидаемые фундаментальные перемены в структуре потребления первичной энергии в среднесрочной и особенно – в долгосрочной перспективе.

### Энергетика в будущем

Основные прогнозы развития мировой энергетике довольно дифференцированы как по объемам общего потребления первичной энергии, так и по его структуре. Отображенные на рис. 6 сценарии развития энергетике, по мнению представленных организаций, являются наиболее вероятными при условии отсутствия революционных

технологий и внедрения только тех, которые проходят апробацию в настоящее время. Ожидаемое к 2040 г. увеличение объемов потребления первичной энергии варьируется от 16,6 млн до 19,6 млн т н.э. в год. Углеводородное топливо останется основой энергетики будущего, вес атомной энергетики в структуре энергопотребления увеличится незначительно, доля ВИЭ составит в среднем 17% (против 10% в 2016 г.). Более оптимистичные сценарии, в основе которых лежат принципы консолидации усилий национальных правительств в целях принятия эффективных мер по изменению климата, активной поддержки и финансирования «зеленых технологий», свободного трансфера технологий, предполагают снижение энергоемкости мирового ВВП, благодаря поступательному внедрению новых энергосберегающих и экологических технологий, и увеличение доли ВИЭ в структуре энергопотребления от 19 до 24%.

Релевантность условий отсутствия революционных технологий в прогнозах ведущих организаций вполне обоснована, так как при экспоненциальном характере развития усиливается непредсказуемость изменений, обусловленных приращением научно-прикладных знаний и возможностями их эффективной коммерциализации.

Ускоренными темпами реализуются программы снижения себестоимости ВИЭ и их широкой интеграции в общую энергосеть. По данным IRENA, в промежутке 2010–2016 гг. средняя стоимость солнечной энергии генерированной фотоэлектрическими модулями (Solar PV) снизилась с 0,374 до 0,131 долл./кВт, тепловыми модулями (Solar Thermal) – с 0,301 до 0,242 долл./кВт. Средняя стоимость энергии наземных ветряных электростанций (Onshore Wind) подешевела на 21%, электростанций прибрежных зон (Offshore Wind) – на 7,5%. В сфере геотермальной энергетике, гидроэнергетики и энергии биомассы наблюдается повышение средних стоимостей электроэнергии на 36%, 45,7% и 44,6% соответственно. Среди ВИЭ, благодаря наличию огромных доступных запасов, наиболее популярными являются

солнечная и ветряная энергетика, в развитие которых в 2016 г. было инвестировано 226 млрд долл., что составляет 93,6% от всех привлеченных средств в ВИЭ. Растут объемы накопленных инвестиций в альтернативную энергию. Кроме традиционных регионов по исследованию перспектив применения ВИЭ в народном хозяйстве, проблемой начали заниматься и новые гиганты глобальной экономики. Существующий значительный дефицит углеводородного топлива в азиатском регионе определяет крайнюю заинтересованность территориальных государств развивать альтернативную энергетику. За 2004–2016 гг. объемы накопленных инвестиций достигли 2,6 трлн долл., из которых 34,8% было выделено Европой, 22,8% – Китаем, 16,6% – США, 12% – странами Азии и Океании за исключением Индии (3,6%) и Китая, при этом с 2013 г. КНР вырвалась в лидеры по объемам инвестиций в абсолютных значениях, обогнав Европейский союз.

Возвращаясь к идее экспоненциального роста, отметим, что с момента составления международными организациями отчетов по энергетике произошли существенные изменения, влияющие на структуру энергопотребления в будущем. Медленно, но верно дешевеет производство, растет КПД кремниевых солнечных панелей, развиваются технологии перовскитных солнечных панелей (солнечные панели напыляются на поверхности в виде спрея, а фотоэлектрические пленки печатаются прямо на окнах), дающие возможность генерации энергии солнца с эффективностью до 66%<sup>5</sup>. Аналогично развивается и энергетика ветра, где добились повышения мощности офшорных ветряных турбин до 9 МВт<sup>6</sup>, при этом в Германии строительство ветряных

электростанций начали вести без государственных дотаций<sup>7</sup>.

Следует также отметить удачные эксперименты в сфере термоядерной энергии и квантовой физики, с каждым днем приближающие момент внедрения революционных технологий, открывающих безграничные возможности для человечества. Вслед за решением задачи повышения производительности альтернативных источников энергии наступает черед решения новой задачи, а именно – обеспечения стабильной подачи энергии. По причине строгой детерминированности ВИЭ от природных явлений возникает объективная необходимость аккумуляции энергии в часы пика производства в целях дальнейшего потребления в периоды спада. Вопрос решается путем разработки эффективных способов накопления и распределения сгенерированной энергии – в литиевых батарейках, более перспективных натрий- и калий-ионных батарейках, в водородных накопителях и др. В свою очередь удешевление и повышение продуктивности аккумуляторов открывают новые возможности применения ВИЭ, в частности на транспорте. По данным Bloomberg<sup>8</sup>, к 2040 г. более половины из всех продаваемых в мире машин будут полностью электрическими, что приведет к росту потребления энергии электромобилями в 300 раз, с 6 ТВт·ч в 2016 г. до 1 800 ТВт·ч в 2040 г. Объясняется это более быстрым переходом на электротранспорт, чем ожидалось ранее. Схожего мнения придерживается глава энергетической компании Enel Ф. Стараче<sup>9</sup>, который утверждает, что эра электромобилей наступит быстрее, чем все думают. Его компания

<sup>5</sup> Team Develops Novel Semiconductor Nanofiber with Superb Charge Conductivity. The Hong Kong Polytechnic University. URL: <https://phys.org/news/2017-04-team-semiconductor-nanofiber-superb.html>

<sup>6</sup> Carpenter N. Gargantuan Offshore Wind Turbine Crushes Record for Most Energy Produced in 24 Hours. URL: [https://www.digitaltrends.com/cool-tech/denmark-wind-turbine-breaks-records/?utm\\_source=feedly&utm\\_medium=webfeeds](https://www.digitaltrends.com/cool-tech/denmark-wind-turbine-breaks-records/?utm_source=feedly&utm_medium=webfeeds)

<sup>7</sup> Homann J. (Bundesnetzagentur Announces Successful Bids in First Auction for Offshore Wind Farms. *Bundesnetzagentur press*. URL: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/EN/2017/13042017\\_WindSeeG.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/EN/2017/13042017_WindSeeG.html)

<sup>8</sup> Martin P. The Power Consumed by Electric Vehicles Is About to Surge 300-fold. *Bloomberg Technology*. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-07-06/electric-cars-are-about-to-boost-global-power-demand-300-fold>

<sup>9</sup> Albanese Chi. Electric Cars Are Coming Faster Than You Think, Enel Chief Says. *Bloomberg Technology*. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-06-30/electric-cars-are-coming-faster-thank-you-think-enel-chief-says>

собирается инвестировать приблизительно 300 млн евро в установку около 12 тыс. электрозаправочных станций по всей Италии. Предположительно, появление заправок повысит спрос на электромобили благодаря тому, что ответит на главный вопрос покупателей: могу ли я зарядить свою машину? Также важно развитие системы V2G (vehicle-to-grid) с технологией превращения электромобилей в большие мобильные батареи, способные взаимодействовать с энергосистемой. Во время зарядки автомобили смогут способствовать производству ВИЭ и балансировать потоки энергии в энергосети.

Таким образом, у владельцев машин появится возможность реализовать лишнюю энергию или использовать ее в домохозяйстве. Решающим фактором увеличения автопарка электромобилей станет цена автомобилей: массовое производство, к чему готовятся все крупные игроки рынка автотранспорта, поспособствует снижению рыночных цен на электромобили и их широкому распространению по всему миру.

Ожидаемые эпохальные перемены в структуре глобального энергопотребления формируют новые вызовы для стран – экспортеров углеводородов, включая Россию. Несмотря на то что в 2016 г. доля доходов от добычи сырой нефти и природного газа в структуре ВВП России составила 7,2%, нефтегазовая отрасль фактически обеспечила 36%<sup>10</sup> доходов федерального бюджета, из них 79% поступили от НДС и вывозных пошлин на сырую нефть и товаров, выработанных из нефти, при этом недостача (отклонение от Федерального закона № 359-ФЗ<sup>11</sup>) нефтяных доходов составила 1 194 млрд руб., или 99% от общего объема недополученных нефтегазовых доходов.

Следовательно, роль нефтегазовых ресурсов в формировании доходной части бюджета существенна, что определяет необходимость учитывать вероятность рисков, связанных с

<sup>10</sup> Исполнение федерального бюджета и бюджетов бюджетной системы Российской Федерации за 2016 год. URL: [https://www.minfin.ru/common/upload/library/2017/04/main/0454\\_Ispolnenie-2017\\_preview.pdf](https://www.minfin.ru/common/upload/library/2017/04/main/0454_Ispolnenie-2017_preview.pdf)

<sup>11</sup> О федеральном бюджете на 2016 год: Федеральный закон от 14.12.2015 № 359-ФЗ.

сокращением нефтедолларовых поступлений. По данным МЭА, в 2014 г. около 65% потребляемой нефти было использовано в транспортной сфере, если же учесть прогнозы касательно ВИЭ и распространения электромобилей (которые с каждым годом корректируются в пользу ВИЭ и электротранспорта), весьма реалистичным будет сужение к 2040 г. основных рынков сбыта российской нефти (рис. 7). В 2016 г. Россия экспортировала в Европу 266,7 млн т нефти и нефтепродуктов, что составляет 63% всего нефтяного экспорта. Европейское общество – одно из наиболее чувствительных к «зеленым» преобразованиям.

Предположительное увеличение к 2040 г. доли электромобилей до 60% в европейском автопарке теоретически, по наиболее простому и грубому расчету с учетом малой доли нефти в производстве электроэнергии, может привести к сокращению экспорта на 39%, до 163 млн т в год, и это без учета жесткой конкурентной борьбы за европейского потребителя с поставщиками Ближнего Востока, Африки и даже Южной и Центральной Америки.

Не исключено развитие других, традиционных и приоритетных для России, регионов по аналогичному сценарию «зеленой» экономики, что, несомненно, негативно скажется на российских экспортных возможностях. В представленных прогнозах ожидается сосредоточение основного спроса на ископаемое топливо в азиатском регионе, где Россия является важным, но отнюдь не ключевым игроком в энергоснабжении. С сокращением мирового спроса на нефть усилится борьба за потребителя, нефтяные экономики инициируют агрессивную политику по захвату рынков, в целом изменятся правила игры.

Непредсказуемость сущности и скорости инноваций создаст сложности с прогнозированием спроса на нефть, следовательно, и с планированием инвестиций в освоение новых месторождений, что приведет, на наш взгляд, к интенсификации циклических кризисов рынка углеводородного топлива. В среднем российская нефть без

учета транспортного плеча обходится на 60–65% дороже ближневосточной, поэтому для отечественных компаний конкурировать с ближневосточными странами на азиатском нефтяном рынке с учетом текущих рыночных параметров будет непростой задачей.

По прогнозам Института энергетических исследований Российской академии наук<sup>12</sup>, не следует также ожидать значительного подъема газового и угольного потенциала российского экспорта. Лишь в благоприятном сценарии прогнозируется возможный рост экспорта газа европейским потребителям на 10% к концу 2040 г., а поставки в Азию не достигнут и 30% современных объемов экспорта в Европу. Что касается угля, то в благоприятном сценарии предполагается достаточно умеренный рост экспорта после 2020 г., при этом к концу прогнозного периода суммарные объемы экспорта останутся все же ниже уровня 2015 г.

Принимая во внимание ожидаемые изменения в рыночной конъюнктуре, можно констатировать, что ТЭК России в будущем вряд ли сможет обеспечивать формирование стабилизационных фондов и служить драйвером экономического роста, если не принять безотлагательно решительные меры по углублению диверсификации энергетики и ее реформированию. Не акцентируя внимания на конкретных планах реформ, в том числе экономики в целом, отметим, что для успешного претворения их в жизнь базироваться они должны на принципах по-прежнему актуальной сегодня экономики развития академика Д.С. Львова [15, 16] при обязательном соблюдении требований экологического императива [17, 18].

### Выводы и предложения

Невзирая на различные трактовки природы промышленных революций, четвертая индустриальная революция будет знаменоваться как схождением коммуникационных и энергетических, так и эволюцией цифровых технологий, синергия которых инициирует фундаментальные

преобразования глобальных социально-экономических процессов. России, как стране снабжающей мир углеводородной энергией, в целях поддержания собственной конкурентоспособности придется ответить на вызовы грядущей низкоуглеродной экономики, переосмыслив внутреннюю и внешнюю политику позиционирования основных экономических приоритетов государства. Слабая мотивация вкладывать средства в возобновляемую энергетику и в развитие технологий альтернативного применения углеводородных ресурсов повышает риск отставания России от передовых стран в производстве наукоемкой энергии будущего. Для решения проблемы тактических шагов недостаточно, необходима разработка комплексной стратегии развития энергетики России, в которой, как представляется, должны найти свое отражение следующие приоритеты.

*Снижение энергоемкости ВВП и повышение энергетической и экономической эффективности энергетики, углубление диверсификации топливно-энергетического баланса страны, обеспечение сбалансированного развития генерирующих и сетевых мощностей.* Энергоемкость российской экономики, как и потери при передаче и распределении электроэнергии, в три раза и на 1,8% превышают среднемировые показатели<sup>13</sup>. В 2016 г. в России было произведено 1 087 млрд кВт·ч электроэнергии<sup>14</sup>, из которых 65% произведено тепловыми электростанциями, 18% – атомными электростанциями и 17% – гидроэлектростанциями, что свидетельствует о глубокой зависимости отечественной электроэнергетики от углеводородного топлива, в частности природного газа и угля. Что примечательно, электростанции при этом работают с существенной недогрузкой мощностей: коэффициент использования установленной мощности ТЭС в 2016 г. составил 46,66%, ГЭС – 42,39%, СЭС – 13,13%, ВЭС – 5,25%, и лишь АЭС были нагружены на 81,38%<sup>15</sup>. Для внутренней энергетики России, по крайней мере в

<sup>12</sup> Прогноз развития энергетики мира и России 2016 / под ред. А.А. Макарова, Л.М. Григорьева, Т.А. Митровой. М.: ИНЭИ РАН – АЦ при Правительстве РФ, 2016. 196 с.

<sup>13</sup> Данные World Bank.

<sup>14</sup> Данные Росстата.

ближайшее полвека, углеводородная зависимость не критична, однако низкий стимул к развитию альтернативной энергетики чреват технико-технологическим отставанием и дисбалансом энергосистемы.

*Приумножение доли глубоко переработанной нефти и нефтепродуктов в структуре экспорта и развитие сети заводов по производству сжиженного природного газа (СПГ), ведущее к логистической мобильности реализации природного газа в целях сглаживания стохастических рисков развития глобальной энергетики.* За последние 20 лет наблюдаемый рост глубины переработки нефтяного сырья составил 16%, достигнув в 2016 г. рекордного для России показателя в 79%. Для сравнения: в США величина поступившей на переработку сырой нефти на 51% превышает объемы добытой нефти; в Европе это превышение в 4 раза, в Китае – 2,8 раза<sup>16</sup>. По данным Международного газового союза<sup>17</sup>, в 2016 г. по показателям экспорта СПГ Россия заняла 7-е место (10,84 млн т, или 4,2% от общемирового экспорта), уступив таким странам, как Катар (29,9% от общего экспорта), Австралия (17,2%), Малайзия (9,7%), Нигерия (7,2%), Индонезия (6,4%) и Алжир (4,5%) – основным своим конкурентам на азиатском рынке. Рынками сбыта российского сжиженного газа являются Япония (68,1% от общего объема экспорта), Южная Корея (17,7%), Тайвань (11,9%) и Китай (2,4%).

Интенсивное финансирование НИОКР в сфере альтернативной энергии с акцентом на биоэнергетику, ветряную и термоядерную энергетику, также активное развитие технологий хранения электроэнергии, в частности высокоемкостных дешевых аккумуляторов – основы энергетики будущего. По данным исследования [19], в России имеются значительные запасы энергии ветра. При потенциале ветряной энергетики в 143 000 ТВт·ч. российская экономика в 2016 г. потребила 1 027 ТВт·ч электроэнергии, а общая установленная мощность электростанций ЕЭС России составила 0,236 ТВт. Огромны также запасы биомассы. По результатам исследования [20], обширные лесные ресурсы представляют огромный потенциал использования древесной биомассы для выработки тепловой энергии. Учитывая особенности России, биоэнергетика наиболее актуальна в труднодоступных с точки зрения выхода к инфраструктурам местностях для организации автаркических территориальных энергосистем. Вместе взятые – запасы энергии ветра и биомассы – гарантируют ресурсный потенциал возобновляемых источников в обеспечении сбалансированного, диверсифицированного энергопотребления, а экономико-энергетическая эффективность их производства является лишь научно-технологическим вопросом, требующим вовлечения человеческого и финансового капитала.

<sup>15</sup> Отчет о функционировании ЕЭС России в 2016 году.  
URL: [http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2017/ups\\_rep2016.pdf](http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2017/ups_rep2016.pdf)

<sup>16</sup> Global Energy Statistical Yearbook 2017.

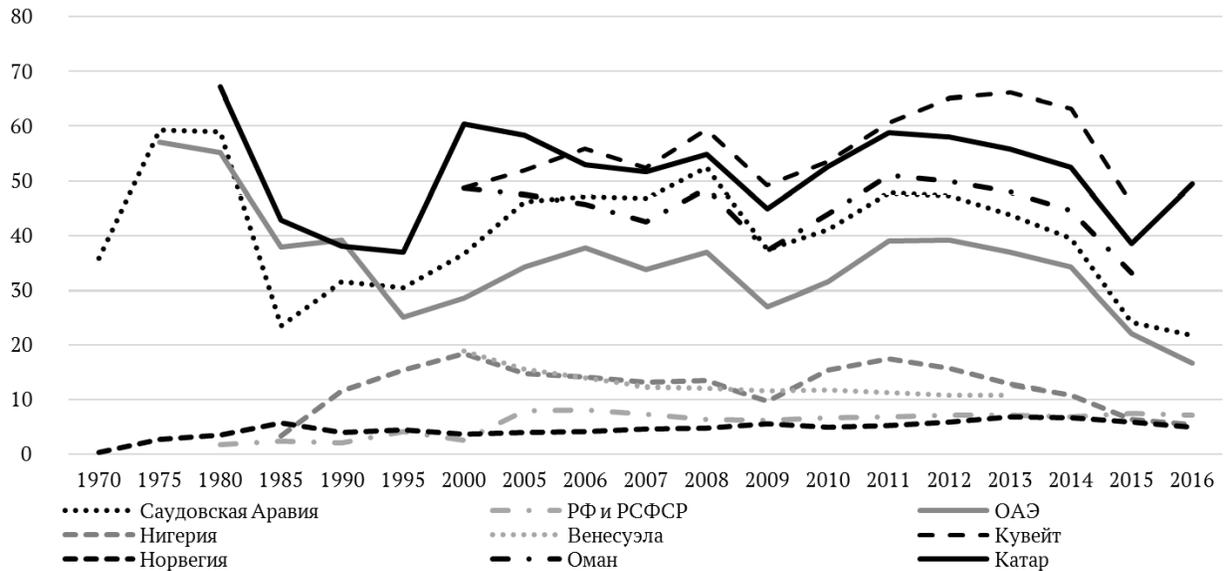
<sup>17</sup> IGU. World LNG Report 2017.  
URL: [http://www.igu.org/sites/default/files/103419-World\\_IGU\\_Report\\_no%20crops.pdf](http://www.igu.org/sites/default/files/103419-World_IGU_Report_no%20crops.pdf)

**Рисунок 1**

Доля доходов от добычи сырой нефти и природного газа в структуре ВВП крупных стран – экспортеров топливно-энергетических ресурсов в 1970–2016 гг., %

**Figure 1**

Revenues from crude oil and natural gas production in the GDP structure of major exporters of fuel and energy resources in 1970–2016, percentage



*Источник:* Российский статистический ежегодник 2002 года; Статистический ежегодник 1991 г.: Народное хозяйство РСФСР в 1990 году; Генеральный орган по статистике Саудовской Аравии; Национальное бюро статистики ОАЭ; Министерство по планированию развития и статистики Катара; Система национальной статистики Венесуэлы; Центральное бюро статистики Катара; Статистика Норвегии; Национальный центр статистики и информации Омана; Национальное бюро статистики Нигерии

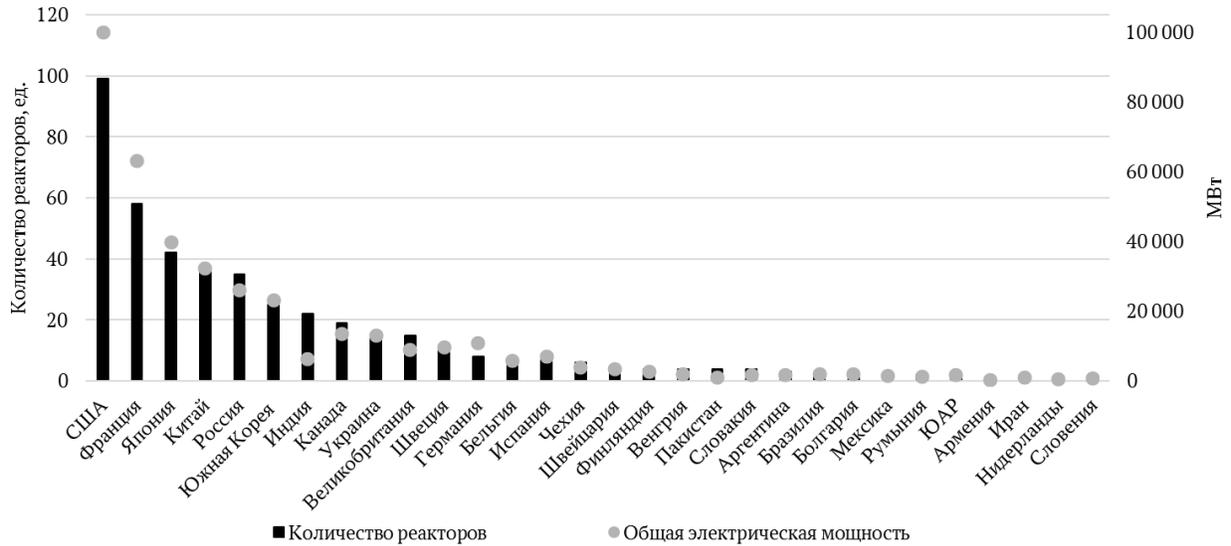
*Source:* Russian Statistical Yearbook 2012; Statistical Yearbook 1991: The National Economy of the RSFSR in 1990; Saudi Arabia, General Authority for Statistics; UAE, National Bureau of Statistics; Qatar, Ministry of Development Planning and Statistics; VE, Sistema Estadístico Nacional; Kuwait, Central Statistical Bureau; Statistics Norway; Oman, National Centre for Statistics and Information; Nigeria, National Bureau of Statistics

**Рисунок 2**

**Распределение атомных реакторов и их электрической мощности по странам мира**

**Figure 2**

**Distribution of nuclear reactors and nuclear power by country**



Источник: Международное агентство по атомной энергии

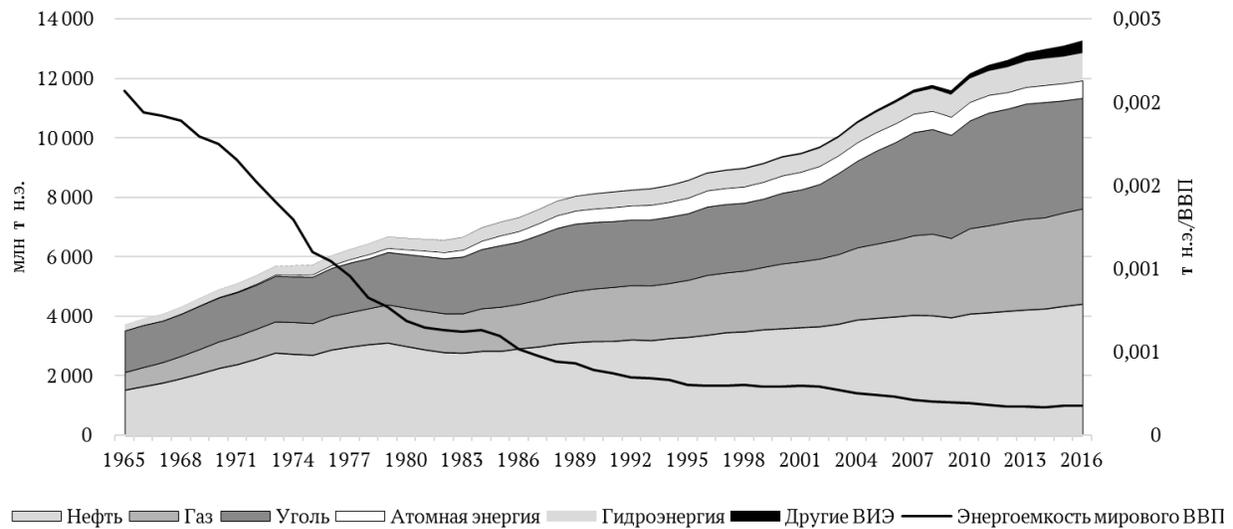
Source: IAEA, The Power Reactor Information System, 2017

**Рисунок 3**

**Динамика мирового энергопотребления по видам топлива с 1965 по 2016 г., млн т н.э.**

**Figure 3**

**Trends in the world energy consumption by fuel type from 1965 to 2016, million tonne of oil equivalent**



Источник: Бритиш Петролеум. Статистический обзор мировой энергетики 2017 г.; Всемирный Банк

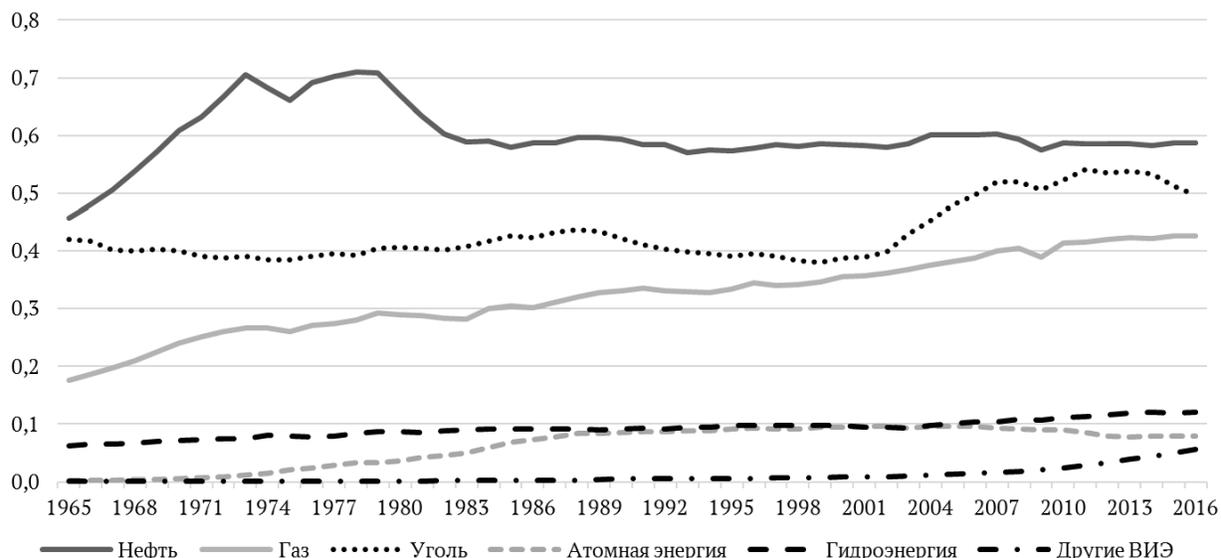
Source: BP Statistical Review of World Energy, 2017; World Bank

**Рисунок 4**

**Динамика потребления первичной энергии по видам топлива в расчете на душу населения с 1965 по 2016 г., т н.э.**

**Figure 4**

**Trends in consumption of primary energy per capita by fuel type from 1965 to 2016, tonne of oil equivalent**



*Источник:* ООН, Департамент по экономическим и социальным вопросам; Бритиш Петролеум, Статистический обзор мировой энергетики 2017 г.

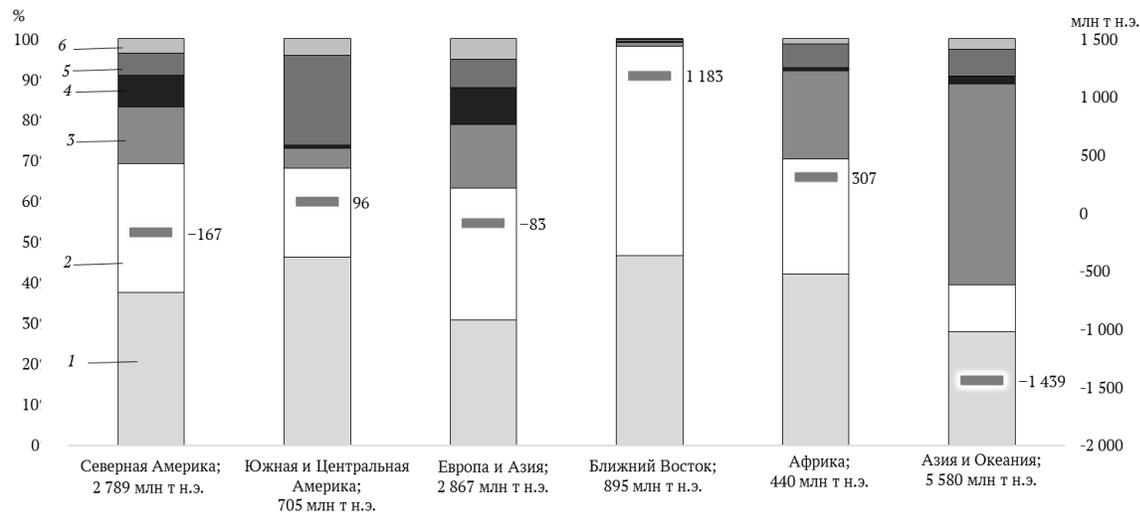
*Source:* United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2017; BP Statistical Review of World Energy, 2017

**Рисунок 5**

**Региональное потребление первичной энергии по видам топлива в 2016 году, %**

**Figure 5**

**Regional consumption of primary energy by fuel type in 2016, percentage**



1 Нефть 2 Газ 3 Уголь 4 Атомная энергия 5 Гидроэнергия 6 Другие ВИЭ — Региональный дефицит (профицит) углеводородного топлива

*Источник:* Бритиш Петролеум, Статистический обзор мировой энергетики 2017 г.

*Source:* BP Statistical Review of World Energy, 2017



## Список литературы

1. *Смит А.* Исследование о природе и причинах богатства народов. М.: ЭКСМО, 2007. 956 с.
2. *Overton M.* Agricultural Revolution in England: The Transformation of the Agrarian Economy 1500–1850. Cambridge, Cambridge University Press, 1996, 272 p.
3. *Thirsk J.* The Agrarian History of England and Wales. Volume 6. 1750–1850. Cambridge University Press, 1989, 1248 p.
4. *Рикардо Д.* Начала политической экономии и налогового обложения. М.: ЭКСМО, 2007. 953 с.
5. *Geddes P.* Cities in Evolution: An Introduction to the Town Planning Movement and to the Study of Civics. London, Williams & Norgate, 1915, 446 p.
6. *Landes D.* The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present. Cambridge, New York, Press Syndicate of the University of Cambridge, 1969, 590 p.
7. *Маршалл А.* Основы экономической науки. М.: ЭКСМО, 2007. 830 с.
8. *Rifkin J.* The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World. New York, Palgrave Macmillan, 2011, 304 p.
9. *Schwab K.* The Fourth Industrial Revolution. Crown Business, 2017, 192 p.
10. *Galloway R.L.* A History of Coal Mining in Great Britain. General Books LLC, 2012, 76 p.
11. *Griffin A.R.* The British Coal Mining Industry: Retrospect and Prospect. Moorland Publishing, 1977, 208 p.
12. *Mitchell B.R.* Economic Development of the British Coal Industry, 1800–1914. Cambridge, New York, Cambridge University Press, 1984, 381 p.
13. *Ергин Д.* Добыча. Всемирная история борьбы за нефть, деньги и власть. М.: Альпина Паблишер, 2013. 943 с.
14. *Parra F.* Oil Politics: A Modern History of Petroleum. London, I.B. Tauris, 2004, 352 p.
15. *Львов Д.С.* Экономика развития. М.: Экзамен, 2002. 511 с.
16. *Львов Д.С.* Россия в глобализирующемся мире. М.: Наука, 2004. 739 с.
17. *Моисеев Н.Н.* Судьба цивилизации. Путь разума. М.: МНЭПУ, 1998. 223 с.
18. *Ерзнкян Б.А.* Экологический императив: утопия или необходимость. *Montenegrin Journal of Ecology*, 2014, vol. 1, no. 2, pp. 17–24.
19. *Lu Xi, McElroy M.B., Kiviluoma J.* Global Potential for Wind-Generated Electricity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, vol. 106, iss. 27, pp. 10933–10938. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.0904101106>
20. *Федоренчик А.С. и др.* Биотопливо из древесного сырья: монография. М.: Московский государственный университет леса, 2010. 384 с.

### **Информация о конфликте интересов**

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## THE RUSSIAN FUEL AND ENERGY COMPLEX AT THE THRESHOLD OF THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION

Bagrat A. ERZNKYAN<sup>a,\*</sup>, Samvel M. ARUTYUNYAN<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation  
yerz@cemi.rssi.ru  
ORCID: not available

<sup>b</sup> Moscow, Russian Federation  
samvel2424@gmail.com  
ORCID: not available

\* Corresponding author

### Article history:

Received 13 March 2018  
Received in revised form  
22 March 2018  
Accepted 10 April 2018  
Available online  
29 May 2018

**JEL classification:** L71, O3,  
O13, Q4

**Keywords:** fuel and energy complex, Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, energy, future

### Abstract

**Importance** The article reviews the development prospects for the Russian fuel and energy complex, main trends in the global energy, and the key factors influenced the course of events, makes a comparative analysis of the latest long-term forecasts of the evolution of global energy consumption, considering the introduction of cutting-edge technologies.

**Objectives** The purpose of the study is to formulate priorities for the Russian fuel and energy sector based on the natural, climatic and economic peculiarities of the country.

**Methods** We employ methods of economic and statistical analysis, expert evaluation, as well as analytical methods for collecting and processing information.

**Results** A vital problem of the Russian energy sector is a low incentive for the renewable energy and alternative hydrocarbon fuel technologies development. In the long term, is fraught with technological backlog and imbalance in the energy system. Relatively low levels of industry diversification, efficiency and environmental compatibility of generation, transportation, storage and consumption of energy reduce the economic attractiveness and competitiveness of the entire energy system in the upcoming digital low-carbon economy.

**Conclusions** Efforts should be focused on the following areas: reducing the energy intensity of GDP and increasing the energy and economic efficiency of the energy sector; deepening the diversification of the country's fuel and energy balance; increasing the share of highly refined oil and petroleum products in the structure of exports; developing a network of LNG plants; intensive financing of R&D in the field of alternative energy with an emphasis on bioenergy, wind and fusion energy.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

**Please cite this article as:** Erznkyan B.A., Arutyunyan S.M. The Russian Fuel and Energy Complex at the Threshold of the Fourth Industrial Revolution. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 5, pp. 836–855.  
<https://doi.org/10.24891/ea.17.5.836>

### Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 17-06-00500a.

### References

1. Smith A. *Issledovanie o prirode i prichinakh bogatstva narodov* [An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations]. Moscow, EKSMO Publ., 2007, 956 p.
2. Overton M. *Agricultural Revolution in England: The Transformation of the Agrarian Economy 1500–1850*. Cambridge, Cambridge University Press, 1996, 272 p.
3. Thirsk J. *The Agrarian History of England and Wales. Volume 6. 1750–1850*. Cambridge University Press, 1989, 1248 p.

4. Ricardo D. *Nachala politicheskoi ekonomii i nalogovogo oblozheniya* [On the Principles of Political Economy and Taxation]. Moscow, EKSMO Publ., 2007, 953 p.
5. Geddes P. *Cities in Evolution: An Introduction to the Town Planning Movement and to the Study of Civics*. London, Williams & Norgate, 1915, 446 p.
6. Landes D. *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*. Cambridge, New York, Press Syndicate of the University of Cambridge, 1969, 590 p.
7. Marshall A. *Osnovy ekonomicheskoi nauki* [Principles of Economics]. Moscow, EKSMO Publ., 2007, 830 p.
8. Rifkin J. *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World*. New York, Palgrave Macmillan, 2011, 304 p.
9. Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business, 2017, 192 p.
10. Galloway R.L. *A History of Coal Mining in Great Britain*. General Books LLC, 2012, 76 p.
11. Griffin A.R. *The British Coalmining Industry: Retrospect and Prospect*. Moorland Publishing, 1976, 208 p.
12. Mitchell B.R. *Economic Development of the British Coal Industry, 1800–1914*. Cambridge, New York, Cambridge University Press, 1984, 381 p.
13. Yergin D. *Dobycha. Vsemirnaya istoriya bor'by za neft', den'gi i vlast'* [The Prize: The Epic Quest for Oil, Money, and Power]. Moscow, Al'pina Publisher Publ., 2013, 943 p.
14. Parra F. *Oil Politics: A Modern History of Petroleum*. London, I.B. Tauris, 2004, 352 p.
15. L'vov D.S. *Ekonomika razvitiya* [Economics of development]. Moscow, Ekzamen Publ., 2002, 511 p.
16. L'vov D.S. *Rossiya v globaliziruyushchetsya mire* [Russia in the globalizing world]. Moscow, Nauka Publ., 2004, 739 p.
17. Moiseev N.N. *Sud'ba tsivilizatsii. Put' razuma* [The fate of civilization. The way of the mind]. Moscow, IIUEPS Academy Publ., 1998, 223 p.
18. Erznkyan B.A. [Ecological Imperative: Utopia or Necessity]. *Montenegrin Journal of Ecology*, 2014, vol. 1, no. 2, pp. 17–24. (In Russ.)
19. Lu Xi, McElroy M.B., Kiviluoma J. Global Potential for Wind-Generated Electricity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, vol. 106, iss. 27, pp. 10933–10938. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.0904101106>
20. Fedorenchik A.S. et al. *Biotoplivo iz drevesnogo syr'ya: monografiya* [Biofuel from raw wood: a monograph]. Moscow, Moscow State Forest University Publ., 2010, 384 p.

#### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.