

**РОССИЯ НА ПУТИ К УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ\*****Вадим Ильич ЛОКТИОНОВ**

кандидат экономических наук, старший научный сотрудник,  
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, Иркутск, Российская Федерация  
vadlok@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8478-3222>  
SPIN-код: 1752-7660

**История статьи:**

Получена 22.01.2018  
Получена в доработанном  
виде 18.02.2018  
Одобрена 02.03.2018  
Доступна онлайн 13.04.2018

УДК 338.012

JEL: L11, L52, Q43, Q47

**Аннотация**

**Предмет.** В течение своего существования человечество переходило от одних форм энергетического уклада к другим. Каждая форма характеризовалась доминированием в мировом энергобалансе определенного вида энергетических ресурсов и технологий. Сейчас мир стоит на пороге новой трансформации – перехода к устойчивой энергетике. Для России этот момент является поворотным пунктом – сделать рывок в техническом, технологическом и организационном развитии энергетики или безнадежно отстать от мировых энергетических лидеров. Однако чтобы следовать в авангарде мирового процесса перехода к устойчивой энергетике, Россия должна осмыслить новую энергетическую парадигму и встать на путь устойчивого энергетического развития.

**Цели.** Определение перспектив перехода энергетики России на траекторию устойчивого развития.

**Методология.** Проведенное исследование основывается на общенаучных методах анализа и синтеза, а также на специальных методах анализа функционирования энергетических систем.

**Результаты.** Раскрыта концепция «устойчивой энергетики» в контексте современных исследований, посвященных проблемам развития мировой энергетики. Проанализированы факторы, препятствующие переходу России к устойчивой энергетике, основными из которых являются: отсутствие распределенной генерации; значительный износ основных средств энергетических компаний; отсутствие в сложной экономической ситуации стимулов для сокращения выбросов парниковых газов; отставание в развитии новых технологий в сфере энергоснабжения и электрогенерации и др.

**Выводы.** Сделан вывод о необходимости осуществления комплексных мероприятий, направленных на трансформацию отечественной энергетики в соответствии с принципами устойчивого развития. Наличие технического, ресурсного и научного потенциала может способствовать выходу России на траекторию развития устойчивой энергетики.

**Ключевые слова:**

энергетика, устойчивая  
энергетика, экологическая  
безопасность

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

**Для цитирования:** Локтионов В.И. Россия на пути к устойчивой энергетике // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14, № 4. – С. 725 – 740.  
<https://doi.org/10.24891/ni.14.4.725>

Современный мир сталкивается с множеством экономических, социальных, политических проблем, которые необходимо решать в рамках мирового сотрудничества. Энергетические ресурсы, являясь основой существования современного постиндустриального общества, играют одну

из главных ролей в создании этих проблем как прямо (загрязняя окружающую среду), так и косвенно (увеличивая международную напряженность). Непродуманная энергетическая политика может привести к замедлению экономического роста, ухудшению экологической обстановки, росту числа техногенных катастроф.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты № 17-06-00102-а, №18-010-00176-а.

Современные исследования, посвященные проблемам энергетических ресурсов и энергетической политики разных стран, ведутся в следующих актуальных направлениях: пути и перспективы сокращения мировых выбросов парниковых газов для уменьшения влияния антропогенного фактора; энергетическая безопасность стран и регионов; энергетическая бедность; возобновляемые источники энергии; умные сети (Smart Grids). Данным взаимосвязанным проблемам посвящено много научных исследований, рассматривающих их с точки зрения социальных трансформаций, экономической динамики, энергетической политики, технических и технологических инноваций [1–6]. В то же время в последние десятилетия активно развивается научная концепция устойчивого развития (*sustainable development, sustainability*), объединяющая все перечисленные вопросы в едином концептуальном содержании. К сожалению, несмотря на наличие работ, отмечающих необходимость трансформационных процессов в российской энергетике [7, 8], концепции устойчивого развития уделяется недостаточно внимания в отечественном научном дискурсе.

Впервые общепринятое определение термину устойчивого развития было дано в докладе «Наше общее будущее» Всемирной комиссией по окружающей среде и развитию (*World commission on environment and development, WCED*) в 1987 г.<sup>1</sup> Устойчивое экономическое развитие определяется как развитие, при котором текущие потребности общества удовлетворяются, не сокращая возможности удовлетворения потребностей будущих поколений. Концепция устойчивого развития, в определении WCED, накладывает ограничения на текущее потребление не в абсолютном неизменном выражении, а в зависимости от существующего уровня развития технологий и социальной организации. Развитие технологий и эволюция социальной организации расширяют возможности общества в объемах текущего

потребления, не нанося при этом ущерба интересам будущих поколений. К настоящему времени трактовка понятия «устойчивое развитие» значительно расширилась. В 2016 г. рабочая группа Генеральной Ассамблеи ООН по целям устойчивого развития подготовила доклад 17 Sustainable Development Goals, в котором были сформулированы задачи, способствующие достижению устойчивого развития:

- борьба с бедностью во всех ее формах во всем мире;
- обеспечение продовольственной безопасности;
- обеспечение общедоступности недорогого, надежного, устойчивого и современного энергоснабжения;
- обеспечение устойчивого экономического роста;
- борьба с изменением климата и его последствиями;
- рациональное использование природных ресурсов и др.

Содержание понятия устойчивого развития стало включать не только сохранение существующего положения вещей, но и восстановление ущерба, причиненного обществом окружающей среде. Следует также отметить, что лишь немногие ученые разделяют понятия «устойчивое развитие» (*sustainable development*) и «устойчивость» (*sustainability*), связывая «устойчивое развитие» преимущественно с экономическим развитием, а «устойчивость» – с обеспечением экологической безопасности стран и мира в целом [9]. Большинство же мировых исследователей используют эти понятия как синонимы.

В рамках концепции устойчивого развития экономики рядом ученых были сформулированы принципы такого развития, интегрированные в практику решения социальных, экономических и экологических проблем многими правительственными и

<sup>1</sup> WCED. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1987.

некоммерческими организациями по всему миру [10–12].

1. Принцип взаимосвязанности. Согласно данному принципу развитие должно осуществляться с учетом экологических, социальных и экономических последствий тех или иных политических решений.

2. Принцип социальной ответственности коммерческих компаний, предполагающий активное их участие в реализации общественно важных программ, способствующих достижению сбалансированного развития.

3. Принцип глобальной ответственности. Сбалансированное развитие может быть достигнуто только на мировом уровне, что предполагает объединение финансовых, научных, энергетических и других ресурсов мирового сообщества.

4. Принцип научного решения текущих социальных, экономических, энергетических и политических проблем.

5. Принцип равенства внутри одного поколения и между разными поколениями в отношении доступа к ресурсам и возможностям удовлетворения своих потребностей.

Таким образом, концепцию устойчивого развития можно определить как концепцию сбалансированного развития, направленную на баланс интересов настоящего и будущих поколений, баланс интересов общества и окружающей среды, баланс интересов различных представителей общества и т.д. Несмотря на то что концепция устойчивого развития еще находится на стадии становления, сам факт вхождения данной концепции в современный научный и политический дискурс может оказать положительный эффект на практику управления.

Одним из ключевых факторов достижения устойчивого развития является функционирование *устойчивой энергетики*. Устойчивая энергетика представляет собой энергетику, удовлетворяющую текущую

потребность общества в энергии, не сокращая возможности удовлетворения потребностей в энергии в будущем [13–15]. Международное энергетическое агентство определяет устойчивую энергетику как энергетику, учитывающую баланс между энергетической безопасностью, экономическим развитием и защитой окружающей среды [16].

Интерес к концепции энергетической безопасности, определяемой как способность государства предоставлять достаточные, доступные и экологически приемлемые энергоресурсы для экономики, появился относительно недавно – после энергетических кризисов 1970-х и 1980-х гг., когда Европа столкнулась с дефицитом нефти. Тогда стало ясно, что любое длительное нарушение энергоснабжения может быть катастрофическим для стабильного функционирования европейской экономики. В последнее десятилетие в связи с ростом цен на нефть, усилением политической напряженности, перебоями в поставках газа в Европу из-за разногласий по вопросам транспортировки газа между Россией и Украиной наблюдается возрождение интереса к концепции энергетической безопасности, сопровождающееся увеличением числа исследований, посвященных проблемам оценки энергетической безопасности и способам ее увеличения в рамках концепции устойчивой энергетики [17–20].

Концепция устойчивой энергетики также находится на стадии своего становления: в работах зарубежных ученых редко встречаются комплексные, всесторонние исследования структуры, динамики и закономерностей развития устойчивой энергетики. Изучая проблемы энергетики в контексте устойчивого развития, исследователи часто концентрируются на более узких проблемах: развитии возобновляемых источников энергии, способах снижения выбросов парниковых газов, повышении энергоэффективности экономики, усилении энергетической безопасности и др. [21, 22].

Открытым остается вопрос о сроках перехода к устойчивой энергетике [23–26]. Прежде

всего, нет единого мнения о том, какой момент в будущем может быть охарактеризован как точка перехода к устойчивой энергетике. В наиболее общем виде переход к новому энергетическому укладу характеризуется фундаментальными изменениями в энергетической системе, связанными с переходом к новым видам топлива и технологиям преобразования энергии. Исторически переход к новому энергетическому укладу всегда был связан с переходом к новому доминирующему виду энергетических ресурсов (от древесины к каменному углю, от каменного угля к нефти, от абсолютного доминирования в мировом энергобалансе нефти к увеличению доли используемого природного газа) и появлением соответствующих энергетических технологий. Переход же к устойчивой энергетике предполагает внедрение и распространение множества различных новых технологий и значительную диверсификацию мирового энергетического баланса в сочетании с более эффективным использованием углеводородов. В уже упомянутом докладе Генеральной Ассамблеи ООН (17 Sustainable development goals) указывается порядка 230 показателей достижения устойчивого развития, пять из которых относятся к устойчивой энергетике:

- 1) обеспечение всеобщего доступа к доступным, надежным и современным энергетическим услугам;
- 2) существенный рост доли возобновляемых источников энергии в глобальном энергетическом балансе;
- 3) удвоение глобальных темпов повышения энергоэффективности;
- 4) усиление международного сотрудничества в целях облегчения доступа к исследованиям и технологиям в области «зеленой» энергетики, включая возобновляемые источники энергии, передовые и более чистые технологии использования ископаемых видов топлива, а также содействие инвестициям в энергетическую инфраструктуру и технологии экологически чистой энергетики;

5) расширение инфраструктуры для предоставления современных и устойчивых энергетических услуг.

Несмотря на сложности количественной оценки динамики мирового перехода к устойчивой энергетике, а также наличие большого числа мнений о способах ускорения этого процесса, можно уверенно говорить о системных изменениях, произошедших в направлении перехода к устойчивой энергетике. Работая над решением конкретных проблем, стоящих на пути к устойчивой энергетике (развитие ВИЭ и технологии Smart Grid, повышение энергоэффективности лидирующих экономик мира, уменьшение выбросов парниковых газов и пр.), в течение последних 15 лет мировое сообщество достигло определенных результатов. Так, например, объем энергии, выработанной в мире от использования возобновляемых источников энергии (без учета гидроэнергетики), с 2000 по 2015 г. вырос более чем в 7 раз (*табл. 1*) и составил 2,8% в структуре мирового энергетического баланса. В некоторых странах-лидерах этот показатель достиг более существенных значений: так, например, доля ВИЭ в структуре потребления первичных энергоресурсов в Германии в 2015 г. составила 12,5%, в США – 3,1%, во Франции – 3,3%. Если же анализировать долю ВИЭ в структуре выработанной электроэнергии, цифры будут еще более внушительными: в Германии – 71,9%; в США – 19,8; во Франции – 16,2; в среднем по миру – 17,6%.

Наряду с ВИЭ активно развивается и технология «Умные сети» (Smart Grid), представляющая собой модернизированные сети электроснабжения, использующие информационные технологии для сбора информации о производстве и энергопотреблении, и позволяющие: более эффективно передавать электроэнергию; быстрее восстанавливать электроснабжение после аварий: снижать затраты на электрогенерацию; создавать интегрированные энергетические системы ВИЭ; строить «умные дома» и т.д. [27, 28]. За счет обмена информацией между производителями и

потребителями электроэнергетики «Умные сети» позволяют автоматически перенаправлять нагрузку в сетях и тем самым сводить к минимуму последствия перебоев в подаче электроэнергии.

Традиционная система электроснабжения базируется на существовании небольшого числа мощных электростанций разного вида (ТЭС, ГЭС, АЭС), генерирующих электроэнергию и передающих ее по электрическим сетям многочисленным конечным потребителям. В такой системе потребители являются пассивными в отношении генерации и распределения электроэнергии. Развитие возобновляемых источников энергии, а также технологий малой генерации, при которой многочисленные потребители, устанавливая генераторы малой мощности, в некоторые отрезки времени могут производить электроэнергетики больше, чем потреблять, также стимулировало развитие «умных сетей», позволяющих одному и тому же актору мгновенно переходить из разряда покупателя электроэнергии в разряд ее продавца.

Внедрение мер, направленных на стимулирование сокращения выбросов (развитие технологий улавливания и консервирования парниковых газов и пр.), также дало результаты. Несмотря на продолжающийся абсолютный рост выбросов парниковых газов в мире (так, с 2005 по 2015 г. объем выбросов CO<sub>2</sub> в мире вырос с 28 533 до 33 508 млн т), за последние 10 лет обозначился процесс снижения удельных выбросов CO<sub>2</sub> на 1 т.н.э., потребленную экономикой (рис. 1). Исключение составляет Япония, где в 2011 г. произошел резкий скачок удельных выбросов CO<sub>2</sub>, поскольку в результате аварии на АЭС Фукусима-1 правительство Японии пошло на резкий отказ от ядерной энергетике, снизив поставки электроэнергии с АЭС с 31,2% в феврале 2011 г. до нуля в мае 2012 г. и увеличив долю углеводородов в энергобалансе страны.

Для сохранения позиций одного из мировых энергетических лидеров России следует

принимать активное участие в процессе глобальных трансформаций. Однако существует ряд факторов, затрудняющих выход России на уровень устойчивой энергетике, к основным из которых можно отнести: наличие больших запасов углеводородов, отсутствие распределенной генерации, существенный износ энергетических установок, отсутствие стимулов к сокращению выбросов парниковых газов в условиях сложной экономической ситуации, наличие страновых особенностей в отношении обеспечения энергетической безопасности.

*Наличие больших запасов углеводородов.*

В России зафиксировано порядка 32 трлн м<sup>3</sup> запасов природного газа (17,3% от общемировых запасов природного газа) и 14 000 млн т нефти (6% от общемировых нефтяных запасов). Кроме того, Россия обладает вторыми по величине запасами угля после США (17,6% от общемировых запасов угля). В отличие от европейских стран, где необходимость перехода на возобновляемые виды энергетических ресурсов сочетается с реализацией программы по обеспечению энергетической безопасности, наличие больших запасов углеводородов побуждает Россию продолжать развитие добычи и использование традиционного ископаемого топлива, поскольку это направление является наиболее выгодным и простым с экономической, политической и технологической точек зрения. Данное обстоятельство подтверждается тем фактом, что за период с 2003 по 2016 г. объем энергии, полученной из возобновляемых источников энергии (исключая ГЭС), составлял 0,1–0,2 т.н.э., в то время как количество потребляемых первичных энергоресурсов за тот же период выросло с 641,6 до 673,9 т.н.э.

*Отсутствие распределенной генерации.*

Развитие энергетике Советского Союза осуществлялось по пути строительства крупных мощных электростанций вместе с крупными ТЭЦ, объединяющими производство электрической и тепловой энергии, а также крупных каскадных ГЭС для достижения эффекта масштаба и упрощения

централизованного управления. В результате в современной энергетике России практически полностью отсутствует распределенная генерация (малая энергетика), представляющая собой совокупность источников энергии малой мощности, производящих тепловую и электрическую энергию, и принадлежащих конечным потребителям данной произведенной энергии, а также направляющих излишки в общую сеть (электрическую или тепловую). Так, по данным Минэнерго России, в 2016 г. электростанциями промышленных предприятий было произведено 59,8 млрд кВт/ч, что составило 5,7% от общего объема выработанной электроэнергии в стране. Доля же электроэнергии, выработанной и потребленной промышленными предприятиями, в структуре потребленных первичных энергоресурсов составила в 2015 г. 0,8%.

До сих пор не устранены факторы, препятствующие быстрому развитию распределенной генерации в России:

- высокие таможенные пошлины на ввозимое энергетическое оборудование;
- высокая стоимость присоединения к электрическим сетям, которая варьирует в зависимости от мощности подключаемого источника и региона России;
- сложные правила технического регулирования и лицензирования строительства объектов распределенной генерации;
- технические и организационные проблемы строительства энергетических объектов в рамках уже функционирующих предприятий.

Между тем распределенная генерация является одним из основных способов развития устойчивой энергетике, поскольку она: увеличивает надежность энергоснабжения; снижает потери мощности в электрических сетях, повышая тем самым эффективность энергетического хозяйства; снижает риск террористических атак и техногенных катастроф; является основным способом развития и распределения

возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой и др.).

*Существенный износ энергетических установок.* В настоящее время существенный износ основных фондов является одной из основных проблем российской энергетике. За последние 25 лет наблюдался значительный рост среднего возраста электростанций (табл. 2).

Высокая степень износа основных фондов создает опасность крупных аварий, сопровождающихся загрязнением окружающей среды, и сбоев в энергоснабжении, а также значительно усложняет процесс повышения энергоэффективности российской экономики.

*Отсутствие стимулов к сокращению выбросов парниковых газов в условиях сложной экономической ситуации.* Одним из принципов построения устойчивой энергетике является сокращение выбросов парниковых газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ). Россия согласилась с результатами 21-й сессии Конференции сторон рамочной конвенции Организации Объединенных Наций по проблеме изменения климата, которая состоялась в Париже в декабре 2015 г., и должна сократить на 25% свои выбросы по сравнению с уровнем 1990 г. Из работы И.А. Башмакова и А.Д. Мышка [30], проанализировавших 30 сценариев реализации стратегии низкоуглеродного развития, можно заключить, что сокращение выбросов на 25% вполне реально. В то же время Россия, декларируя свое стремление к сокращению парниковых газов, на практике мало внимания уделяет этой проблеме. Данное обстоятельство обусловлено наличием отрицательных эффектов от реализации мер по сокращению выбросов парниковых газов:

- ухудшение инвестиционной привлекательности регионов России, в которых расположены энергоемкие производства;
- повышение рисков для экономического развития Дальнего Востока, значительная доля энергодолга которого приходится на бурый уголь;
- замедление восстановления экономики страны за счет появления дополнительной

финансовой нагрузки вследствие реализации программ по снижению выбросов парниковых газов;

- снижение темпов экономического роста страны из-за дополнительного повышения цен на электроэнергию и тепло.

Кроме того, проблема снижения выбросов парниковых газов и продолжения мирового сотрудничества по этому вопросу воспринимается в российском обществе в большей степени неоднозначно.

Наблюдаемые за последние 20 лет небольшие изменения выбросов CO<sub>2</sub> объясняются структурными изменениями экономики и динамикой объема реального ВВП страны (рис. 2).

Одной из наиболее эффективных мер по стимулированию сокращения выбросов считается введение налога на выбросы парниковых газов. Расчеты Института исследований естественных монополий показали, что введение подобного налога в размере 15 долл. США за т. экв. CO<sub>2</sub> приведет к дополнительной финансовой нагрузке на промышленные предприятия в размере 3,2–4,1% от размера ВВП. Однако можно ожидать, что в среднесрочной перспективе будут приняты меры, направленные на сокращение выбросов парниковых газов, которые характеризуются относительно низкой стоимостью на единицу сокращаемых выбросов и коротким сроком окупаемости:

- улучшение изоляции зданий и тепловых сетей, а также ужесточение стандартов их строительства;
- повсеместная установка теплосчетчиков и термостатов;
- модернизация систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- внедрение на промышленных предприятиях технологий улавливания, транспортировки и хранения CO<sub>2</sub>;
- содействие лесовосстановлению.

*Наличие страновых особенностей в отношении обеспечения энергетической безопасности.* В мировой практике методы оценки стратегических угроз, индикаторов энергетической безопасности и эффективности вариантов развития ТЭК разрабатываются в основном с позиции импортеров энергоресурсов – оцениваются потенциальные и реальные угрозы перебоев поставок энергоресурсов из других стран. В связи с этим основными показателями энергетической безопасности, рассматриваемыми в зарубежной научной литературе, являются доля одного источника поставок энергоресурса в объеме потребления энергоресурсов, доля экспорта в структуре потребления энергоресурса, диверсификация мировых поставщиков и др. Способы повышения энергетической безопасности страны при этом основываются на диверсификации источников поставок энергоресурсов, видов используемых в экономике энергоресурсов, а также развитии возобновляемых источников энергии (ветрогенерации, солнечных батарей и др.) и повышении энергоэффективности экономики. Таким образом, энергетическая политика зарубежных стран, направленная на обеспечение энергетической безопасности, органически сочетается с идеями перехода к устойчивой энергетике.

Для России, одного из мировых лидеров по наличию запасов энергетических ресурсов и их добыче, использование существующих методов оценки и обеспечения энергетической безопасности нецелесообразно, поскольку она является экспортером энергоресурсов. В России энергетическая безопасность обеспечивается преимущественно расширением производственного потенциала уже существующих энергетических систем, что требует использования экономических, технических и политических инструментов, не всегда отвечающих целям развития устойчивой энергетики [31, 32].

В настоящее время концепция устойчивой энергетики является темой, открытой для обсуждения: пока еще в мире нет единой теории, на которую можно было бы опираться

при разработке конкретных энергетических планов и стратегий. Однако чтобы не отстать технологически, технически и организационно от процесса перехода к новому этапу развития мировой энергетики, Россия должна быть интегрирована в этот процесс. Переход к устойчивой энергетике может произойти только при условии кооперации разных групп общества. Полноценное участие России в этом процессе в первую очередь предполагает необходимость осознания различными представителями общества необходимости и важности такого перехода, поскольку само стремление к достижению устойчивой энергетике уже сопровождается решением актуальных задач по повышению энергоэффективности экономики, улучшению экологической обстановки и поддержанию на конкурентном уровне качества отечественной энергетики.

Переход к устойчивой энергетике предполагает активное научное и технологическое развитие энергетического сектора. Игнорирование необходимости участия в глобальных трансформационных процессах приведет к отставанию России от мировых лидеров в вопросах развития передовых технологий в энергетике и обеспечения экологической безопасности, что повлечет за собой снижение конкурентоспособности отечественного

энергетического сектора, выражающееся в высоких по сравнению с мировыми затратах на добычу энергетических ресурсов, более низком качестве производимых топлив, отсутствии диверсифицированных источников энергии.

Проблема устойчивой энергетики многогранна и многоаспектна, требует обширных экономических, технических и социальных исследований. Чтобы стать активным участником процесса перехода к устойчивой энергетике, Правительство РФ должно разрабатывать и применять на практике в рамках энергетической политики систему мер, направленных на становление устойчивой энергетики в России. Ответственность за переход к устойчивой энергетике несет не только государство, но и энергетические компании. Именно на уровне энергетических компаний должны осуществляться конкретные мероприятия по развитию и внедрению новых технологий. Несмотря на то что данное обстоятельство может показаться несколько нереалистичным ввиду высоких затрат на исследования и отсутствие четких прогнозируемых результатов, без такой деятельности отечественные энергетические компании могут невосвратно отстать в технологическом плане от мировых энергетических компаний.



**Таблица 1****Динамика объемов энергии, выработанной на базе ВИЭ, млн т.н.э.****Table 1****Trends in power generated by renewable energy sources, million tonne of oil equivalent**

<b>Страна</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>
США	16,5	20,7	39,3	71,5
Канада	2	2,3	4,2	8,5
Франция	0,7	1,1	3,4	7,9
Германия	3,2	9,7	18,9	38,1
Великобритания	1,1	2,7	5	17,5
Япония	3,7	5,7	6,7	14,8
Китай	0,7	1,7	15,9	64,4
Мир	49	82,3	170,1	366,7

*Источник:* Statistical Review of World Energy 2017. URL: <https://bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>

*Source:* Statistical Review of World Energy 2017. URL: <https://bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>

**Таблица 2****Средний срок службы электростанций России, лет****Table 2****The average useful life of power generation plants in Russia, years**

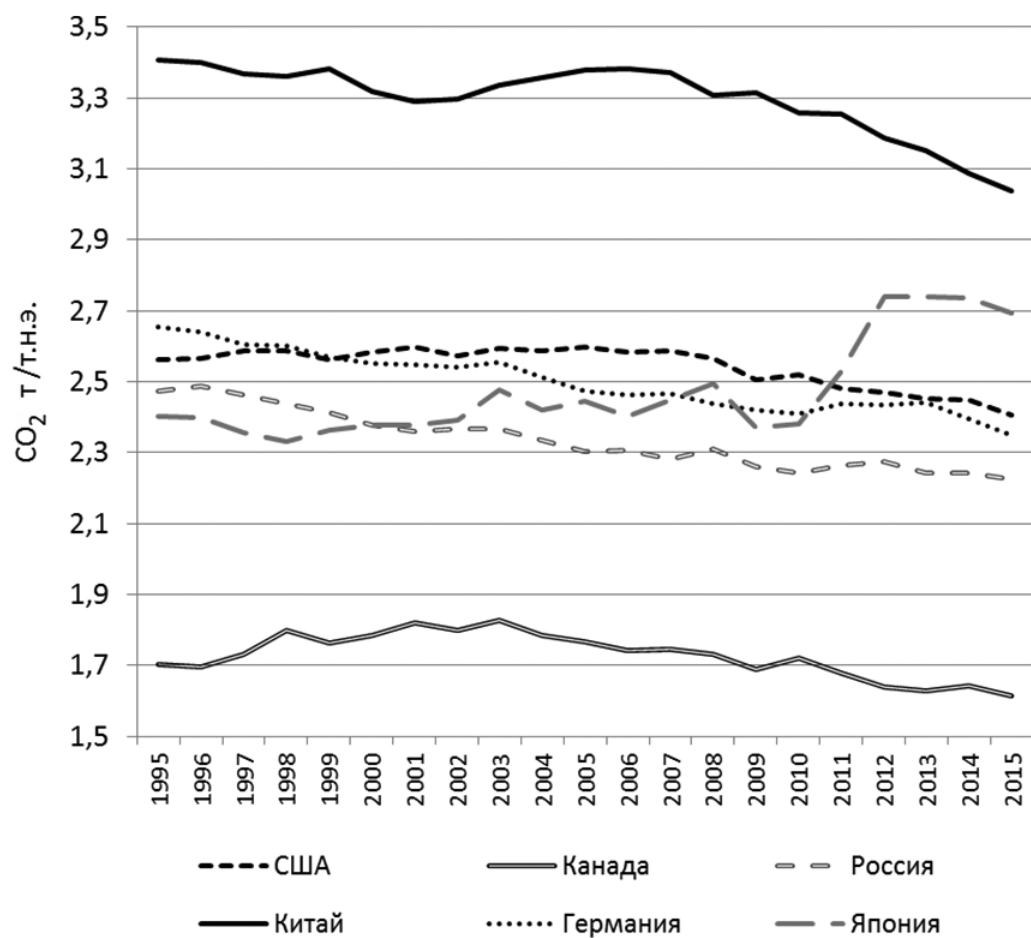
<b>Вид электростанций</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>
ГЭС	21	25	32	33
АЭС	9	14	17	18
Паротурбинные электростанции	20	22	28	30
Газотурбинные электростанции	8	10	9	11
Парогазовые электростанции	–	–	4	7

*Источник:* [29]

*Source:* [29]

**Рисунок 1**  
Удельный объем выбросов CO<sub>2</sub>, т/т.н.э.

**Figure 1**  
Specific volume of CO<sub>2</sub> emissions, tonne per tonnes of oil equivalent



Источник: авторская разработка по данным Statistical Review of World Energy 2017.

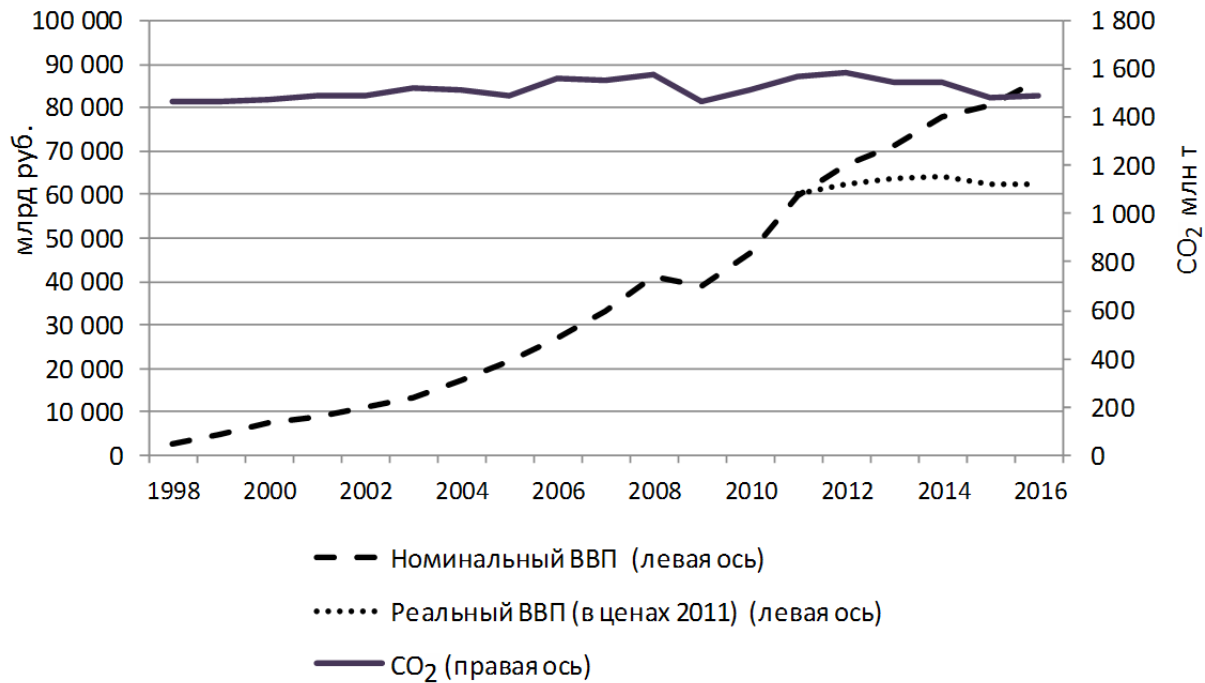
URL: <https://bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>

Source: Authoring, based on Statistical Review of World Energy 2017.

URL: <https://bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>

**Рисунок 2**  
Динамика выбросов CO<sub>2</sub> и ВВП России

**Figure 2**  
Trends in CO<sub>2</sub> emissions and GDP of Russia



*Источник:* рассчитано автором по данным ВР и Росстата. Национальные счета. Информация о пересмотре динамического ряда. URL: [http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/accounts](http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts)

*Source:* Authoring, based on BP and Rosstat data. National accounts. Information on revised trends. URL: [http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/accounts](http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts)

## Список литературы

1. *Brown Ch.E.* World Energy Resources. Berlin: Springer, 2002. 810 p.
2. *Kirschen D.S., Strbac G.* Fundamentals of Power System Economics. London: John Wiley and Sons, 2004. 284 p.
3. *Nader L.* The Energy Reader. New York: Wiley-Blackwell, 2010. 574 p.
4. The New Energy Paradigm / ed. by D. Helm. New York: Oxford University Press, 2007. 544 p.
5. *Tabak J.* Coal and Oil. New York: Facts on File, 2009. 208 p.
6. *Tertzakian P., Hollihan K.* The End of Energy Obesity: Breaking Today's Energy Addiction for a Prosperous and Secure Tomorrow. John Wiley & Sons, 2009. 296 p.
7. *Григорьев Л.М., Крюков В.А.* Мировая энергетика на перекрестке дорог: какой путь выбрать России // Вопросы экономики. 2009. № 12. С. 22–37.
8. *Грачев И.Д., Некрасов С.А.* О переходе к устойчивому развитию угольной энергетики на основе инновационных ресурсосберегающих технологий // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. № 12. С. 25–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/o-perehode-k-ustoychivomu-razvitiyu-ugolnoy-energetiki-na-osnove-innovatsionnyh-resursosberegayuschih-tehnologiy>
9. *Dresner S.* The Principles of Sustainability. London: Routledge, 2008. 205 p.
10. *Gibson R.B., Holtz S., Tansey J., Whitelaw G. et al.* Sustainability Assessment: Criteria and Processes. Routledge, 2005. 268 p.
11. *Lafferty W.M., Meadowcroft J.* Implementing Sustainable Development: Strategies and Initiatives in High Consumption Societies. London: Oxford University Press, 2000. 544 p.
12. *Ikerd J.* The Essentials of Economic Sustainability. Sterling: Kumarian Press, 2012. 150 p.
13. Energy, Sustainability and the Environment: Technology, Incentives, Behavior / ed. by F.P. Sioshansi. Butterworth-Heinemann, 2011. 640 p.
14. Global Energy Governance: The New Rules of the Game / ed. by A. Goldthau, J.M. Witte. Brookings Institution Press, 2010. 372 p.
15. *Jeong H., Kim Y., Lee Y. et al.* A “Must-Go Path” Scenario for Sustainable Development and the Role of Nuclear Energy in the 21st Century // Energy Policy. 2010. Vol. 38. Iss. 4. P. 1962–1968. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.077>
16. Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios and Strategies to 2050. OECD. Paris: International Energy Agency (IEA), 2010.
17. *Blum H., Legey L.F.L.* The Challenging Economics of Energy Security: Ensuring Energy Benefits in Support to Sustainable Development // Energy Economics. 2012. Vol. 34. Iss. 6. P. 1982–1989. URL: <http://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.013>
18. *Sovacool B.K.* The Methodological Challenges of Creating a Comprehensive Energy Security Index // Energy Policy. 2012. Vol. 48. P. 835–840. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.017>

19. *Tongsopit S., Kittner N., Chang Y. et al.* Energy Security in ASEAN: A Quantitative Approach for Sustainable Energy Policy // *Energy Policy*. 2016. Vol. 90. P. 60–72.  
URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.019>
20. *Winzer Ch.* Conceptualizing Energy Security // *Energy Policy*. 2012. Vol. 46. P. 36–48.  
URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.067>
21. *Stechow Ch., Minx J., Riahi K. et al.* 2 °C and SDGs: United They Stand, Divided They Fall? // *Environmental Research Letters*. 2016. No. 11.  
URL: <http://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034022>
22. *Jewell J., Cherp A., Riahi K.* Energy Security under De-Carbonization Scenarios: An Assessment Framework and Evaluation under Different Technology and Policy Choices // *Energy Policy*. 2014. Vol. 65. P. 743–760. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.051>
23. *Smil V.* *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*. Westport: Praeger, 2010. 178 p.
24. *Solomon B.D., Krishna K.* The Coming Sustainable Energy Transition: History, Strategies, and Outlook // *Energy Policy*. 2011. Vol. 39. Iss. 11. P. 7422–7431.  
URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.009>
25. *Sovacool B.K.* How Long Will It Take? Conceptualizing the Temporal Dynamics of Energy Transitions // *Energy Research & Social Science*. 2016. Vol. 13. P. 202–215.  
URL: <http://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.020>
26. *Rösch Ch., Bräutigam K., Kopfmüller J. et al.* Indicator System for the Sustainability Assessment of the German Energy System and Its Transition // *Energy, Sustainability and Society*. 2017. Vol. 7. No. 1. URL: <http://doi.org/10.1186/s13705-016-0103-y>
27. *Vesnic-Alujevic L., Breitegger M., Pereira A.G.* What smart grids tell about innovation narratives in the European Union: Hopes, imaginaries and policy // *Energy Research & Social Science*. 2016. Vol. 12. P. 16–26. URL: <http://doi.org/10.1016/j.erss.2015.11.011>
28. *Howell S., Rezgui Y., Hippolyte J. et al.* Towards the Next Generation of Smart Grids: Semantic and Holonic Multi-Agent Management of Distributed Energy Resources // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 77. P. 193–214.  
URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.107>
29. Надежность систем энергетики: Проблемы, модели и методы их решения / отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2014, 283 с.
30. *Башмаков И.А., Мышак А.Д.* Затраты и выгоды реализации стратегий низкоуглеродного развития России: перспективы до 2050 года // *Вопросы экономики*. 2014. № 8. С. 70–91.
31. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути решения / отв. ред. Н.И. Воропай, М.Б. Чельцов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 198 с.
32. *Loktionov V.I.* Nuclear Power and the Russian Energy Security Strategy // *Geopolitics of Energy*. 2017. Vol. 39. No. 2. P. 2–8.

### **Информация о конфликте интересов**

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю 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.

## RUSSIA HEADING TOWARDS SUSTAINABLE POWER ENGINEERING

Vadim I. LOKTIONOV

Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,  
Irkutsk, Russian Federation  
vadlok@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8478-3222>

### Article history:

Received 22 January 2018  
Received in revised form  
18 February 2018  
Accepted 2 March 2018  
Available online  
13 April 2018

**JEL classification:** L11, L52,  
Q43, Q47

**Keywords:** environmental  
security, power engineering,  
sustainable energy

### Abstract

**Importance** People substituted one type of energy with the other throughout their entire history. Currently, the world is on the verge of a new transformation. It is a crucial moment for Russia to make technological breakthrough in power engineering. Russia should revise its power engineering paradigm and head towards the sustainable energy course.

**Objectives** I determine prospects and probability of Russia to keep on track of sustainable development.

**Methods** The research is based on general scientific methods of analysis and synthesis, and special methods for analyzing the operation of energy systems.

**Results** I unfold the concept of sustainable power engineering from perspectives of modern researchers into the global energy development. I analyze factors preventing Russia from sustainable power engineering.

**Conclusions and Relevance** I conclude it is necessary to carry out comprehensive activities for transforming the national power engineering sector in line with sustainable development principles. Technical, resource and scientific capabilities may well contribute to Russia's strategy for sustainable energy development.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

**Please cite this article as:** Loktionov V.I. Russia Heading Towards Sustainable Power Engineering. *National Interests: Priorities and Security*, 2018, vol. 14, iss. 4, pp. 725–740.  
<https://doi.org/10.24891/ni.14.4.725>

### Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grants No. 17-06-00102-a, No. 18-010-00176-a.

### References

1. Brown Ch.E. *World Energy Resources*. Berlin, Springer, 2002, 810 p.
2. Kirschen D.S., Strbac G. *Fundamentals of Power System Economics*. London, John Wiley and Sons, 2004, 284 p.
3. Nader L. *The Energy Reader*. New York, Wiley-Blackwell, 2010, 574 p.
4. *The New Energy Paradigm*. Ed. by D. Helm. New York, Oxford University Press, 2007, 544 p.
5. Tabak J. *Coal and Oil*. New York, Facts on File, 2009, 208 p.
6. Tertzakian P., Hollihan K. *The End of Energy Obesity: Breaking Today's Energy Addiction for a Prosperous and Secure Tomorrow*. John Wiley & Sons, 2009, 296 p.
7. Grigor'ev L.M., Kryukov V.A. [The global energy sector at the crossroads: Which way should Russia choose?]. *Voprosy Ekonomiki*, 2009, no. 12, pp. 22–37. (In Russ.)

8. Grachev I.D., Nekrasov S.A. [On the transition to sustainable development of coal power on the basis of the innovative resource-saving technologies]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* = *National Interests: Priorities and Security*, 2012, no. 12, pp. 25–36.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/o-perehode-k-ustoychivomu-razvitiyu-ugolnoy-energetiki-na-osnove-innovatsionnyh-resursosberegayuschih-tehnologiy> (In Russ.)
9. Dresner S. *The Principles of Sustainability*. London, Routledge, 2008, 205 p.
10. Gibson R.B., Holtz S., Tansey J., Whitelaw G. et al. *Sustainability Assessment: Criteria and Processes*. Routledge, 2005, 268 p.
11. Lafferty W.M., Meadowcroft J. *Implementing Sustainable Development: Strategies and Initiatives in High Consumption Societies*. London, Oxford University Press, 2000, 544 p.
12. Ikerd J. *The Essentials of Economic Sustainability*. Sterling, Kumarian Press, 2012, 150 p.
13. *Energy, Sustainability and the Environment: Technology, Incentives, Behavior*. Ed. by F.P. Sioshansi. Butterworth-Heinemann, 2011, 640 p.
14. *Global Energy Governance: The New Rules of the Game*. Ed. by A. Goldthau, J.M. Witte. Brookings Institution Press, 2010, 372 p.
15. Jeong H., Kim Y., Lee Y. et al. A “Must-Go Path” Scenario for Sustainable Development and the Role of Nuclear Energy in the 21st Century. *Energy Policy*, 2010, vol. 38, iss. 4, pp. 1962–1968. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.077>
16. *Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios and Strategies to 2050*. OECD. Paris, International Energy Agency, 2010.
17. Blum H., Legey L.F.L. The Challenging Economics of Energy Security: Ensuring Energy Benefits in Support to Sustainable Development. *Energy Economics*, 2012, vol. 34, iss. 6, pp. 1982–1989. URL: <http://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.013>
18. Sovacool B.K. The Methodological Challenges of Creating a Comprehensive Energy Security Index. *Energy Policy*, 2012, vol. 48, pp. 835–840. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.017>
19. Tongsopit S., Kittner N., Chang Y. et al. Energy Security in ASEAN: A Quantitative Approach for Sustainable Energy Policy. *Energy Policy*, 2016, vol. 90, pp. 60–72. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.019>
20. Winzer Ch. Conceptualizing Energy Security. *Energy Policy*, 2012, vol. 46, pp. 36–48. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.067>
21. Stechow Ch., Minx J., Riahi K. et al. 2 °C and SDGs: United They Stand, Divided They Fall? *Environmental Research Letters*, 2016, no. 11. URL: <http://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034022>
22. Jewell J., Cherp A., Riahi K. Energy Security under De-Carbonization Scenarios: An Assessment Framework and Evaluation under Different Technology and Policy Choices. *Energy Policy*, 2014, vol. 65, pp. 743–760. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.051>
23. Smil V. *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*. Westport, Praeger, 2010, 178 p.
24. Solomon B.D., Krishna K. The Coming Sustainable Energy Transition: History, Strategies, and Outlook. *Energy Policy*, 2011, vol. 39, iss. 11, pp. 7422–7431. URL: <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.009>

25. Sovacool B.K. How Long Will It Take? Conceptualizing the Temporal Dynamics of Energy Transitions. *Energy Research & Social Science*, 2016, vol. 13, pp. 202–215.  
URL: <http://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.020>
26. Rösch Ch., Bräutigam K., Kopfmüller J. et al. Indicator System for the Sustainability Assessment of the German Energy System and its Transition. *Energy, Sustainability and Society*, 2017, vol. 7, no. 1. URL: <http://doi.org/10.1186/s13705-016-0103-y>
27. Vesnic-Alujevic L., Breitegger M., Pereira A.G. What Smart Grids Tell About Innovation Narratives in the European Union: Hopes, Imaginaries and Policy. *Energy Research & Social Science*, 2016, vol. 12, pp. 16–26. URL: <http://doi.org/10.1016/j.erss.2015.11.011>
28. Howell S., Rezgui Y., Hippolyte J. et al. Towards the Next Generation of Smart Grids: Semantic and Holonic Multi-Agent Management of Distributed Energy Resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 77, pp. 193–214.  
URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.107>
29. *Nadezhnost' sistem energetiki: Problemy, modeli i metody ikh resheniya* [The reliability of energy systems: Problems, models and methods for their solution]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2014, 283 p.
30. Bashmakov I.A., Myshak A.D. [Costs and benefits of the transition to low carbon economy in Russia: Perspectives up to 2050]. *Voprosy Ekonomiki*, 2014, no. 8, pp. 70–91. (In Russ.)
31. *Energeticheskaya bezopasnost' Rossii: problemy i puti resheniya* [Energy security of Russia: Problems and solutions]. Novosibirsk, Siberian branch of RAS Publ., 2011, 198 p.
32. Loktionov V.I. Nuclear Power and the Russian Energy Security Strategy. *Geopolitics of Energy*, 2017, vol. 39, no. 2, pp. 2–8.

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

I, the author 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.