

# Трансформации мировой энергетической системы в контексте тенденции энергетического перехода

Соловова Ю.В.

Использование энергии является неотъемлемым условием развития цивилизации. Параллельно с развитием экономики, появлением новых форм энергии и технологий для ее использования происходят сдвиги в энергетическом балансе. В настоящий момент наблюдается акселерация тенденций энергетического перехода, предполагающего увеличение роли низкоуглеродной энергетики в контексте угрозы климатических изменений, что является значимым фактором неопределенности на мировых энергетических рынках. В статье авторы представляют исторический анализ, основанный на исследовании прошлых энергетических переходов, что может обеспечить основу для более глубокого понимания потенциала изменений в энергобалансе и их возможной динамики в ходе текущего энергетического перехода. Кроме того, авторы рассматривают значимые особенности текущего энергетического перехода и ключевые факторы, предопределяющие трансформационные изменения.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

ГОСТ 7.1–2003

Соловова Ю.В. Трансформации мировой энергетической системы в контексте тенденции энергетического перехода // Дискуссия. – 2021. – Вып. 107. – С. 49–58.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Топливо-энергетический комплекс, глобальный энергетический переход, климатические изменения.

JEL: L94, N10, Q49

## Введение

Энергетическая система носит комплексный характер и включает производство энергии, ее конверсию, передачу, потребление и управление. Изменения в структуре использования энергии принимают различные формы. Концепция энергетического перехода предполагает комплекс изменений в структуре энергопотребления в обществе, влияющих на любые элементы обозначенной цепочки. Объектом исследования является система энергопотребления на разных стадиях общественной формации. Предметом исследования является бифуркация состояния энергетической системы. Целью исследования является детекция содержания энергетического перехода в рамках темпорального подхода. Исходя из предметной области и целей исследования задачи исследования состоят в следующем: 1. Представить сущность и понятие энергетического перехода; 2.

Рассмотреть научно-обоснованные теоретические изыскания зарубежных и отечественных учёных; 3. Реализовать причинно-следственный анализ системного явления; 4. Осуществить детекцию особенностей системного явления на текущем этапе общественной формации; 5. Представить научно-обоснованные выводы. Переход от одной формы энергии к другой приводит к значимым социально-политическим изменениям. Энергетический переход может разворачиваться на глобальном, региональном, национальном или местном уровне. Кроме того, процесс существенного изменения структуры энергообеспечения может иметь место на отраслевом уровне. Переход может происходить в отношении как первичных источников энергии, так и вторичных форм или энергоносителей, таких как электричество, бензин, водород, преобразованных из первичных источников и поставляемых для конечного использования.

# Transformations of the world energy system in the context of the energy transition trend

**Solovova Y.V.**

The use of energy is an indispensable condition for the development of civilization. Alongside economic development, emergence of new forms of energy and technologies for its use, there are shifts in the energy balance. We currently witness acceleration of energy transition trends, assuming an increased role of low-carbon energy in the context of climate change threat, which is a significant factor of uncertainty in world energy markets. The authors present a historical analysis based on the study of past energy transitions, which can provide a basis for a better understanding of the potential for changes in the energy mix and their possible dynamics during the current energy transition. In addition, the authors review the significant features of the current energy transition and the key factors that predetermine transformational changes.

## FOR CITATION

*Solovova Y.V.* Transformations of the world energy system in the context of the energy transition trend. *Diskussiya [Discussion]*, 107, 49–58

## APA

## KEYWORDS

*Топливо-энергетический комплекс, глобальный энергетический переход, климатические изменения.*

JEL: L94, N10, Q49

## Теоретическая часть

В данном исследовании используется теоретико-эвристический метода анализа в рамках теоретического моделирования ретроспективных событий, обусловленного системными принципами исследования.

## Понятие энергетического перехода

В научной литературе отсутствует единый подход к определению энергетического перехода. Множественность предложенных дефиниций указывает на неоднозначность данного понятия, сложности его определения и классификации и отражает различный фокус исследования рассматриваемого предмета [1]. В некоторых источниках энергетический переход определяется как переход от одного ведущего топлива или энергетического носителя к другому, что представляется излишним упрощением, не отражающим комплексный характер явления. Smil использовал данный термин для определения изменения структуры первичного энергообеспечения, предполагаю-

щего постепенный переход от сложившейся схемы энергообеспечения к новому состоянию энергетической системы [2]. Рассмотренные определения фокусируются, главным образом, на таком аспекте перехода как процесс производства, транспортировки и поставки энергии (носящий, как правило, централизованный масштабный характер), с гораздо меньшим вниманием к меняющимся моделям доступа к энергии, ее использования и практики энергопользования [3].

О’Connor предложил более широкое определение энергетического перехода как особенно значительного комплекса изменений в структуре использования энергии в обществе, которые потенциально могут повлиять на различные элементы энергетической системы, включая энергетические ресурсы, энергоносители, преобразователи энергии и энергетические услуги [4]. Mumford рассматривал энергетический комплекс в качестве движущей силы социальных перемен [5]. Laird обратил внимание на необходимость

расширения концепции энергетического перехода и большего внимания к социальным и политическим аспектам данного явления. Данный подход в значительной степени пересекается с понятием «социально-технических переходов» (англ. – socio-technical transitions), используемым в научной литературе, посвященной проблеме перехода к модели устойчивого развития. Такая концепция энергетического перехода признает и подчеркивает связь переходных процессов в энергетической системе с другими, более широкими социально-экономическими, демографическими, технологическими и экологическими изменениями и процессами [6].

В более узком смысле термин энергетический переход является аналогом немецкого термина «Energiewende». Впервые этот термин был использован в 1980 г. в публикации Экологического института Германии [7], в которой доказывалась возможность экономического роста и устойчивого энергоснабжения без использования атомной энергии за счёт возобновляемой энергетики и энергоэффективности. В широкий международный обиход термин вошел в начале 2010-х гг. после аварии на АЭС Фукусима [8].

#### **Анализ исторического опыта**

В последние годы появился достаточно значительный массив научных исследований, объектом которых является исторический опыт энергетических переходов [9]. Исторический анализ, основанный на исследовании прошлых энергетических переходов, может обеспечить базовую основу для более глубокого понимания потенциала изменений в энергобалансе в ходе текущего энергетического перехода.

Особый интерес представляют исследования, рассматривающие временные характеристики исторических энергетических переходов [10]. Согласно одной точке зрения, энергетические переходы представляют собой длительный поступательный процесс. С точки зрения анализа динамики, под переходом на новые виды энергии понимается временной промежуток между внедрением нового первичного источника энергии или технологии и занятием значительной доли рынка. В международном междисциплинарном исследовании Global Energy Assessment отмечается, что трансформации энергетических систем представляют собой долгосрочные преобразовательные процессы, занимающие десятилетия и более [11]. Такая точка зрения основывается на самой природе энергетических систем, не склонных к динамичным преобразованиям [12]. Smil от-

мечает, что общей чертой исторических энергетических преобразований является их длительный характер [13]. Быстрые переходы являются отклонением от нормы и ограничиваются странами с небольшим населением или уникальными контекстуальными обстоятельствами. На глобальном уровне Smil выделяет три крупнейших энергетических перехода.

От биомассы к углю, доля которого в общемировом энергетическом балансе выросла с 5 % до 50 % в период с 1840 по 1900 гг., сделав уголь ключевым источником энергии индустриального мира;

Распространение нефти, доля которой в общемировом энергетическом балансе выросла с 3 % в 1915 г. до 45 % к 1975 г.

Растущее использование природного газа, доля которого выросла с 3 % в 1930 г. до 23 % в 2017 г., в том числе за счет частичного вытеснения угля и нефти.

На основании исследования исторического опыта энергетических переходов Лунд пришел к выводу, что проникновение на рынок новых энергетических систем или технологий может занять до 70 лет [14]. Короткие сроки распространения, составляющие менее 25 лет, ограничиваются отдельными технологиями конечного использования и не характерны для крупных инфраструктурных систем, таких как системы электроснабжения или транспорта [15]. Аналогичным образом, Fouquet по итогам изучения различных переходов между топливно-энергетическими услугами в период с 1500 по 1920 год заключил, что в среднем каждый отдельный переход имеет инновационную фазу, превышающую 100 лет, за которой следует диффузионная фаза, длительность которой приближается к 50 годам [16]. Pearson отмечает, что исторически энергетическая система развивалась гораздо медленнее, чем другие технологически зависимые отрасли, обращая тем не менее, внимание на то, что для некоторых более поздних энергетических переходов была характерна большая динамика [17].

Исследователи, придерживающиеся точки зрения длительных поступательных энергетических переходов, обращают внимание на необходимость учитывать комплексное изменение энергетических систем и общее социотехническое воздействие, а не дискретный рост в рамках отдельного рынка. Энергетическая система может быстро развиваться в абсолютном отношении, однако относительно общего энергетического баланса изменения могут быть незначительными.

Так, ввиду конкурентной стоимости гидроэнергетики в США выросла в три раза с 1949 по 1964 год. Однако в течение этого периода, поскольку другие источники энергии и совокупный спрос на электроэнергию росли более быстрыми темпами, общая доля гидроэнергетики в энергетическом балансе страны сократилась с 32 до 16 процентов. Аналогичным образом, с 2000 по 2010 год ежегодные глобальные инвестиции в солнечную фотоэлектрическую энергетику выросли в 16 раз, инвестиции в ветроэнергетику выросли в четыре раза, а инвестиции в солнечное отопление – в три раза, при этом совокупная доля солнечной и ветровой энергии в конечном потреблении энергии выросла с менее чем одной десятой процента до чуть менее чем 1 процент за тот же период [18].

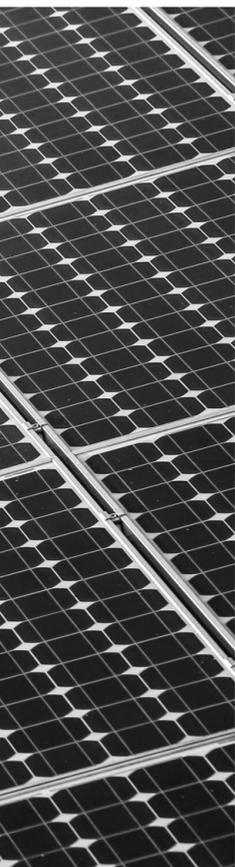
В качестве факторов, снижающих динамику энергетических переходов исследователи отмечают высокую степень инертности энергосистем по отношению к изменениям, в том числе из-за длительных инвестиционных циклов энергетической инфраструктуры и производственных предприятий [19], а также стремления большого количества заинтересованных лиц сохранить *status quo* [20].

Сторонники альтернативной точки зрения на динамику энергетических переходов отме-

чают возможность быстрых трансформаций. В качестве аргумента приводятся примеры ряда значительных сдвигов в национальном энергетическом балансе, произошедших в короткие сроки, в частности значительное увеличение доли сырой нефти в Кувейте, природного газа в Нидерландах, атомной электроэнергии во Франции, комбинированной теплоэнергетики в Дании, а также снижение доли угля в штате Онтарио (Канада) [21]. Исследователи также обращают внимание на опыт быстрого распространения устройств конечного использования. Одним из наиболее ярких примеров является опыт Бразилии, где в ноябре 1975 года для увеличения производства этанола и замены бензина на этанол в качестве автомобильного топлива была запущена государственная программа Proálcool. В 1981 году, через шесть после запуска программы, 90% всех новых автомобилей, продаваемых в Бразилии, могли работать на этаноле.

Таким образом, исторический анализ позволяет сделать вывод о том, что имели место периоды быстрых, определяемых политическим курсом переходов, для которых было характерно сочетание технологических, институциональных и экономических преобразований [22].

Необходимо отметить, что выводы в отношении динамики исторических энергетических



переходов в значительной степени зависят от того, каким образом исследователи определяют точки отсчета. Так, в качестве примера длительного перехода Smil приводит пример США, где увеличение доли нефти в энергетическом балансе до 25% заняло около 80 лет. Между тем, на самом ускоренном этапе этого перехода – с 1900 по 1925 год – доля нефти выросла с 2,4% до 24% процентов, что позволяет рассматривать данную трансформацию в качестве «быстрой» [23]. Кроме того, масштабные энергетические переходы можно рассматривать как совокупность ряда дискретных более локальных преобразований, лежащих в их основе [24].

Анализ исторического опыта глобальных и локальных энергетических переходов позволяет сделать ряд значимых выводов в отношении факторов, лежащих в основе трансформаций. На глобальном уровне за последние 250 лет доминирующее топливо в энергобалансе перешло от биомассы к углю и нефти. В каждом случае новые внедряемые формы энергии обладали, как правило, характеристиками, позволяющими использовать их в более широком диапазоне экономически целесообразных видов деятельности. Технологические инновации привнесли новые виды использования топлива, которые преобразовали энергетическую систему. Так, уголь способствовал индустриализации и облегчил транспортировку, а нефть обеспечила значительное повышение мобильности. Преимущества современных топливно-энергетических технологий, предполагающие большую гибкость и эффективность использования энергии, обеспечили возрастающий спрос по мере роста доходов и уровня жизни населения, несмотря на их более высокую стоимость, особенно на стадии первичного внедрения [25]. В долгосрочной перспективе экономия за счет эффекта масштаба позволила усовершенствовать технологию и цену на источник энергии, что привело к снижению стоимости генерирования энергетических услуг, сделав их конкурентоспособными по отношению к существующим энергетическим технологиям и источникам. Таким образом, на стадии широкого распространения значимую роль в стимулировании сдвигов и роста спроса на энергию играл ценовой фактор. Важно отметить, что энергетические переходы носили кумулятивный характер: появляющиеся новые формы энергии не вытесняли полностью прежние, делая, таким образом, общий энергетический баланс более разнообразным.

Если рассматривать энергетические переходы на национальном уровне, на их ускоренную

динамику могут в значительной степени влиять как эндогенные факторы внутри страны, такие как наличие сильной политической воли и целенаправленных политических программ, поддерживаемых широким кругом заинтересованных сторон, так и экзогенные факторы за пределами страны, такие как военные конфликты, крупные энергетические аварии или глобальные кризисы. В каждом отдельном случае направление и динамика переходных процессов предопределяется социокультурными и политическими условиями. Одним из значимых факторов, определяющих скорость перехода, является процесс трансформации сложившихся технологических и отраслевых кластеров, сопровождаемый определенной реакцией на новые источники конкуренции. Целый ряд исследователей обращают внимание на роль крупных энергетических компаний и отраслей промышленности, способных оказывать давление на правительства с целью сохранения своего доминирующего положения. В то же время анализ исторического опыта энергетических переходов позволяет сделать вывод о том, что при наличии политической воли правительства могут обеспечить динамичные фундаментальные изменения, способствуя развитию технологий и стимулируя их расширенное применение.

#### **Результаты исследования**

#### ***Особенности текущего энергетического перехода***

Для текущего энергетического перехода характерен ряд значимых особенностей, которые необходимо учитывать. В первую очередь необходимо обратить внимание на факторы, предопределяющие трансформационные тенденции. Глобальный энергетический баланс уже претерпевал изменения, однако нынешний сценарий является значительно более сложным ввиду необходимости обеспечить баланс растущих потребностей в доступных источниках энергии для стимулирования экономического роста и всеобщего доступа к энергоресурсам в сочетании с необходимостью перехода к низкоуглеродной экономике. Предыдущие переходы от дерева к углю, от угля к нефти и газу, были обусловлены наличием, более низкой стоимостью, повышением удобства и расширением возможностей использования нового источника энергии. Текущий энергетический переход в глобальном масштабе можно в широком смысле понимать как ответную реакцию на императив изменения климата. Угроза климатических изменений рассматривается в качестве одной из определяю-

щих проблем текущего столетия и одного из крупнейших вызовов, стоящих перед человечеством. С конца 1980-х годов наряду с продолжающимися дискуссиями о рисках истощения нефтяных ресурсов, нестабильной геополитике нефти и газа и идеях устойчивого развития в политике уделяется все более пристальное внимание широко воспринимаемой общественной угрозе ущерба от изменения климата, усугубляемой усилением парникового эффекта от антропогенных выбросов парниковых газов при сжигании ископаемых видов топлива. В то время как тезисы о нехватке и дефиците нефти и природного газа в результате революции в области нетрадиционных нефтегазовых технологий утратили свою актуальность, климатическая повестка приобретает все большее значение.

Энергетическая система является крупнейшим источником выбросов парниковых газов, что предопределяет необходимость преобразующих изменений энергосистемы с целью ограничения выбросов парниковых газов. В то же время необходимо обеспечить удовлетворение растущих потребностей в энергии домашних хозяйств, предприятий и экономики в целом. Таким образом, перед энергетической системой одновременно стоят задачи обеспечения доступа к энергоресурсам и энергобезопасности, поддержания доступности энергоресурсов на приемлемом уровне и обеспечения устойчивости системы.

Следующей важной особенностью, в значительной степени связанной с изменением факторов, лежащих в основе тенденций энергетического перехода, является возрастающая роль политического аспекта. Основным драйвером происходящих в настоящий момент существенных преобразований в энергетике является все более решительная политика декарбонизации, сопровождаемая быстрыми разработками низкоуглеродных технологий.

Текущий переход включает в себя инициативы продвижения:

- низкоуглеродных или неуглеродных видов энергии (возобновляемые источники энергии, в том числе солнечная, ветровая, биомасса, гидроэнергетика, геотермальная и другие; ядерная; улавливание и хранение углерода);

- неуглеродных энергоносителей (в основном электроэнергия, но также водород) и технологий хранения энергии (аккумуляторы, теплоаккумуляторы);

- технологий в области повышения энергоэффективности.

С экономической точки зрения, целесообразность активной политики по продвижению энергетического перехода обуславливается тем, что расходы на недопущение негативных последствий климатических изменений существенно меньше, чем потенциальные расходы на адаптацию к ним. Целый ряд исследователей обращают внимание на значительные издержки, связанные с откладыванием политических интервенций, направленных на ускорение тенденций декарбонизации.

В одном исследовании связи между тенденциями энергетического перехода и политическими системами авторы отмечают, что исторически энергия была ключевым фактором в определении политических систем. Однако с расширением торговли энергоресурсами между странами и появлением новых технологических возможностей взаимная обусловленность данных факторов изменилась на противоположную в том смысле, что в настоящее время политические системы стали определяющим фактором трансформационных изменений в энергетических системах. На основании эконометрического анализа изменений в политических системах и основных источниках энергии с 1990 года авторы приходят к выводу о наличии корреляции.

Стремление снизить зависимость ископаемого топлива, наряду с местными экологическими и социальными последствиями, обусловлено также мерами, принимаемыми странами-импортерами в целях повышения энергетической безопасности и уменьшения зависимости от экспортеров углеводородов. Глобальные инвестиции в экологически чистые энергетические технологии в 2018 году составили 616 млрд. долл. США, достигнув более 65% от глобальных инвестиций в углеродный сектор размером 933 млрд. долл. США. Значимым фактором данных инвестиций являются правительственные интервенции. «Зеленая» промышленная политика включает комплекс мер, таких как субсидии производителям и потребителям, торговые барьеры, многие из которых использовались в 1980-х годах, когда правительства боролись за долю рынка в таких отраслях как информационные технологии, автомобилестроение, телекоммуникации и электроника. Сегодня правительства переключили свое внимание на энергетику, стремясь стимулировать экономический рост посредством развития и коммерциализации экологически чистых энергетических технологий, одновременно решая проблемы изменения климата и проблемы энергетической безопасности.



Рассмотрим более подробно, каким образом политический аспект влияет на переход к экологически чистой энергетике. В широком смысле можно выделить два взаимосвязанных подхода к поощрению перехода на экологически чистую энергетiku. Благодаря усилиям, предпринимаемым по принципу «сверху вниз», национальные правительства участвуют в международных переговорах по смягчению последствий изменения климата, например, в рамках ООН или Европейского союза, в результате чего они формулируют и имплементируют политику, которая начинает трансформировать внутренний энергетический сектор. В рамках подхода «снизу вверх» правительства стремились прежде всего к тому, чтобы сформулировать подход к изменениям во внутренней энергетической и климатической политике с учетом национальных интересов, прежде чем интегрировать их в глобальные соглашения. В Парижском соглашении 2015 года, где закреплён процесс предоставления государствами-участниками предполагаемых определяемых на национальном уровне вкладов, пересматриваемых каждые 5 лет, приоритет отдан второму подходу, так как *defacto* в нём признан приоритет внутренней политики в области изменения кли-

мата. В этом контексте исследования особенностей динамики и направления энергетического перехода на уровне отдельных стран и регионов с политэкономической точки зрения получают все большее внимание со стороны ученых.

Между тем, признавая значимость внутренней политики в области энергетического перехода, необходимо учитывать, что основы такой политики в различных юрисдикциях формируются в условиях растущей глобальной взаимозависимости. Конфигурация такой взаимозависимости в значительной степени определяется развитием глобальных цепочек поставок (англ. – *global supply chain*) и растущим экстерриториальным воздействием внутренней промышленной политики. Реагируя на запросы внутренних отраслей промышленности, формируемые под воздействием глобальной экономической конкуренции, правительства определяют стратегические направления национальной экономической политики с учетом мер, принимаемых правительствами других стран, а также действий субнациональных и корпоративных субъектов глобальной экономики. С 1970-х годов, когда после нефтяного кризиса предпринимались первые попытки продвигать технологии экологически чистой энергетике, произошло

значительное развитие масштабов и сложности межнациональных связей. Глобализация лежащих в основе перехода на экологически чистую энергию инновационных систем, влияющая на темпы распространения технологий использования чистой энергии, а также на способность сохранять конкурентные преимущества, имеет существенные последствия для инвестиционных решений, принимаемых как на корпоративном, так и на правительственном уровнях. Таким образом, значимой особенностью текущего энергетического перехода является усиливающаяся взаимозависимость глобального производства и инноваций, что усиливает экстерриториальные последствия национальной «зеленой» промышленной политики. В отличие от концепции сотрудничества, лежащей в основе моделей транснационального управления климатом, экономическая взаимозависимость при переходе к экологически чистой энергетике характеризуется конкурентной динамикой.

Еще одной отличительной особенностью текущего энергетического перехода является изменение параметров зависимости спроса на энергию от экономического роста. Исторические энергетические переходы носили кумулятивный характер, когда новые источники энергии не замещали, а дополняли существующие. В отличие от исторических переходов, вызванных дефицитом, нынешний энергетический переход развивается в эпоху изобилия энергоресурсов, что в условиях ограниченного рынка неизбежно предполагает вытеснение и замещение альтернативных технологий.

### Обсуждения

Снижение уровня зависимости темпов экономического роста от увеличения энергопотребления является результатом следующих ключевых тенденций:

— снижение энергоёмкости ВВП, прежде всего вследствие продолжающегося перехода от про-

мышленной экономики к экономике услуг в таких быстроразвивающихся странах, как Индия и Китай;

— повышение энергоэффективности в результате развития технологий и внедрения стимулирующих политик;

— повышение уровня электрификации, что само по себе является более эффективным способом удовлетворения энергетических потребностей во многих областях применения.

Текущий энергетический переход обусловлен развитием технологий, включая технологии за пределами энергетической отрасли. Наибольшее значение имеют цифровые технологии, способствующие фундаментальным перестройкам энергетической системы, возникновению инновационных бизнес-моделей, структурным изменениям существующих производственно-сбытовых цепочек.

### Заключение

Многие современные научные исследования экономической, технологической, технической осуществимости и моделирования в области энергетики критикуются за отсутствие комплексного подхода к социальным факторам и социально-политической динамике. В данном исследовании содержание исходит из о коэволюционирующего характера общества и технологий и, что дало нам возможность анализировать историческую ретроспективу и настоящее время через социально-технические изменения, как последствия энергетического перехода. В исследовании показано, как концептуальные основы социотехнических преобразований, затрагивают эти системные элементы общественной формации. В исследовании реализуется новая парадигма энергетического моделирования для интеграции как количественного моделирования, так и концептуальных социотехнических переходов в ретроспективном периоде.

## Список литературы

1. *Peter J. G. Pearson*. "Past, present and prospective energy transitions: an invitation to historians" // *Journal of Energy History/Revue d'Histoire de l'Énergie* [Online], n 1, December 2018.
2. *Smil Vaclav*. *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects* (Santa Barbara, CA: Praeger, 2010)
3. *Shove Elisabeth, Walker Gordon*. "CAUTION! transitions ahead: politics, practice and sustainable transition management", *Environment and Planning*, vol. 39, 2007.
4. *O'Connor P. A.* (2010). 'Energy Transitions'. *The Pardee Papers*, No. 12. Boston: Boston University, The Frederick S. Pardee Center for the Study of the Longer-Range Future.
5. *Mumford L.* *Technics and civilization*. University of Chicago Press; 2010.
6. *Laird Frank N.* "Against transitions? Uncovering conflicts in changing energy systems", *Science as Culture*, vol. 22/2, 2013.
7. *Krause, Bossel, Müller-Reißmann*: *Energiewende – Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran*, S. Fischer Verlag 1980.
8. *OSCE* (2013) *Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply*, Germany's Federal Ministry of Economics and Technology, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 24 April 2013.

9. Gales, B., Kander, A., Malanima, P., Rubio, M.d.M. (2007) North vs South: Energy Transition and Energy Intensity in Europe over 200 years. // *European Review of Economic History* 11(2) 219-53.
10. Roger (2016) Historical energy transitions: speed, prices and system transformation. // *Energy Research & Social Science*, 22. pp. 7-12.
11. *Global Energy Assessment (GEA) (2012). Global Energy Assessment—Toward a Sustainable Future.* Cambridge and New York: Cambridge University Press.
12. Myhrvol N.P. and K. Caldeira (2012). 'Greenhouse Gases, Climate Change and the Transition from Coal to Low-Carbon Electricity'. *Environ. Res. Lett.*,
13. Smil V. (2010). *Energy Myths and Realities: Bringing Science to the Energy Policy Debate.* Washington, DC: Rowman and Littlefield.
14. Lund P. (2006). 'Market Penetration Rates of New Energy Technologies'. *Energy Policy*, 34: 3317–26.
15. Lund P. (2010). 'Exploring Past Energy Changes and Their Implications for the Pace of Penetration of New Energy Technologies'. *Energy*, 35: 647–56.
16. Fouquet R. (2010). 'The Slow Search for Solutions: Lessons from Historical Energy Transitions by Sector and Service'. *Energy Policy*, 38(11): 6586–96.
17. Pearson P.J.G. (2018) *Energy Transitions.* In: Macmillan Publishers Ltd (eds) *The New Palgrave Dictionary of Economics.* Palgrave Macmillan, London
18. Sovacool B.K. (2016). 'How Long Will It Take? Conceptualizing the Temporal Dynamics of Energy Transitions'. *Energy Research & Social Science*, 13: 202–15.
19. Knox-Hayes J. (2012). 'Negotiating Climate Legislation: Policy Path Dependence and Coalition Stabilization'. *Regulation & Governance*, 6(4): 545–67.
20. Goldthau A. and B.K. Sovacool (2012). 'The Uniqueness of the Energy Security, Justice, and Governance Problem'. *Energy Policy*, 41: 232–40.
21. Benjamin K. Sovacool, *The History and Politics of Energy Transitions. Comparing Contested Views and Finding Common Ground*, in *The Political Economy of Clean Energy Transitions*, Douglas Arent, Channing Arndt, Mackay Miller, Finn Tarp, and Owen Zinaman, 2017.
22. Kern, Florian, and Jochen Markard. 2016. *Analysing energy transitions: Combining insights from transitions studies and international political economy.* In *The Palgrave Handbook of the International Political Economy of Energy* edited by T. Van de Graaf, B. Sovacool, A. Ghosh, F. Kern and M. Klare. Basingstoke: Palgrave, 391-429.
23. Pratt J.A. (1981). 'The Ascent of Oil: The Transition from Coal to Oil in Early Twentieth-Century America'. In L. J. Perelman, A. W. Giebelhaus, and M. D. Yokel (eds), *Energy Transitions: Long-Term Perspectives.* Boulder, CO: AAAS. Стр. 9-34.
24. Бдоян Д.Г. Российско-турецкие отношения в сфере энергетики // В сборнике: Россия в новых международно-политических условиях. сборник работ молодых ученых. Москва, 2017. С. 107-114.
25. Karapetyan M.E., Pronina I.V., Timoshenko L.P., Prusakova D.A. Ethical dilemma in an investment banking // *Innovation & Investment.* 2020. № 5. С.161-164.

## References

1. Peter J. G. Pearson. "Past, present and prospective energy transitions: an invitation to historians" // *Journal of Energy History/Revue d'Histoire de l'Énergie* [Online], n 1, December 2018.
2. Smil Vaclav. *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects* (Santa Barbara, CA: Praeger, 2010)
3. Shove Elisabeth, Walker Gordon. "CAUTION! transitions ahead: politics, practice and sustainable transition management", *Environment and Planning*, vol. 39, 2007.
4. O'Connor P. A. (2010). 'Energy Transitions'. The Pardee Papers, No. 12. Boston: Boston University, The Frederick S. Pardee Center for the Study of the Longer-Range Future.
5. Mumford L. *Technics and civilization.* University of Chicago Press; 2010.
6. Laird Frank N. "Against transitions? Uncovering conflicts in changing energy systems", *Science as Culture*, vol. 22/2, 2013.
7. Krause, Bossel, Müller-Reißmann: *Energiewende – Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran*, S. Fischer Verlag 1980.
8. OSCE (2013) *Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply*, Germany's Federal Ministry of Economics and Technology, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 24 April 2013.
9. Gales, B., Kander, A., Malanima, P., Rubio, M.d.M. (2007) North vs South: Energy Transition and Energy Intensity in Europe over 200 years. // *European Review of Economic History* 11(2) 219-53.
10. Roger (2016) Historical energy transitions: speed, prices and system transformation. // *Energy Research & Social Science*, 22. pp. 7-12.
11. *Global Energy Assessment (GEA) (2012). Global Energy Assessment—Toward a Sustainable Future.* Cambridge and New York: Cambridge University Press.
12. Myhrvol N.P. and K. Caldeira (2012). 'Greenhouse Gases, Climate Change and the Transition from Coal to Low-Carbon Electricity'. *Environ. Res. Lett.*,
13. Smil V. (2010). *Energy Myths and Realities: Bringing Science to the Energy Policy Debate.* Washington, DC: Rowman and Littlefield.
14. Lund P. (2006). 'Market Penetration Rates of New Energy Technologies'. *Energy Policy*, 34: 3317–26.
15. Lund P. (2010). 'Exploring Past Energy Changes and Their Implications for the Pace of Penetration of New Energy Technologies'. *Energy*, 35: 647–56.
16. Fouquet R. (2010). 'The Slow Search for Solutions: Lessons from Historical Energy Transitions by Sector and Service'. *Energy Policy*, 38(11): 6586–96.
17. Pearson P.J.G. (2018) *Energy Transitions.* In: Macmillan Publishers Ltd (eds) *The New Palgrave Dictionary of Economics.* Palgrave Macmillan, London
18. Sovacool B.K. (2016). 'How Long Will It Take? Conceptualizing the Temporal Dynamics of Energy Transitions'. *Energy Research & Social Science*, 13: 202–15.
19. Knox-Hayes J. (2012). 'Negotiating Climate Legislation: Policy Path Dependence and Coalition Stabilization'. *Regulation & Governance*, 6(4): 545–67.
20. Goldthau A. and B.K. Sovacool (2012). 'The Uniqueness of the Energy Security, Justice, and Governance Problem'. *Energy Policy*, 41: 232–40.
21. Benjamin K. Sovacool, *The History and Politics of Energy Transitions. Comparing Contested Views and Finding Common Ground*, in *The Political Economy of Clean Energy Transitions*, Douglas Arent, Channing Arndt, Mackay Miller, Finn Tarp, and Owen Zinaman, 2017.
22. Kern, Florian, and Jochen Markard. 2016. *Analysing energy transitions: Combining insights from transitions studies and international political economy.* In *The Palgrave Handbook of the*

---

International Political Economy of Energy edited by T. Van de Graaf, B. Sovacool, A. Ghosh, F. Kern and M. Klare. Basingstoke: Palgrave, 391-429.

23. Pratt J.A. (1981). 'The Ascent of Oil: The Transition from Coal to Oil in Early Twentieth-Century America'. In L. J. Perelman, A. W. Giebelhaus, and M. D. Yokel (eds), *Energy Transitions: Long-Term Perspectives*. Boulder, CO: AAAS. Стр. 9-34.

24. Bdoyan D.G. Russian-Turkish relations in the energy sector// In the collection: *Russia in the new international political conditions. Collection of works of young scientists*. Moscow, 2017.S. 107-114.

25. Karapetyan M.E., Pronina I.V., Timoshenko L.P., Prusakova D.A. Ethical dilemma in an investment banking // *Innovation & Investment*. 2020. № 5. С.161-164.

### **Информация об авторе**

Соловова Ю.В., ведущий аналитик, Международный институт энергетической политики и дипломатии Московского государственного института международных отношений МИД РФ. (Москва, Российская Федерация). Почта для связи с автором: yulia.solovova@gmail.com

### **Author Info**

Solovova Y.V., Lead analyst of the International Institute of Energy Policy and Diplomacy of Moscow State Institute of International Relations of the Ministry of Foreign Affairs of Russia (Moscow, Russian Federation). Corresponding author: yulia.solovova@gmail.com

### **Информация о статье**

Дата получения статьи: 21.07.2021  
Дата принятия к публикации: 23.08.2021

### **Article Info**

Received for publication: 21.07.2021  
Accepted for publication: 23.08.2021

© Соловова Ю.В., 2021.

© Solovova Y.V., 2021.