

Т.С. Ремизова, Д.Ю. Табуров

Изменение структуры генерации в России в контексте экологического перехода

УДК 336.6

Аннотация. Актуальный для многих стран мира, включая Россию, экологический переход к углеродной нейтральности влечет изменение структуры генерации электрической энергии. Это предполагает эволюцию системы производства и передачи энергии и развитие новых взаимосвязей между организациями энергетического рынка. В настоящей работе рассмотрены текущая структура генерации электрической энергии в мире и в России, нормативно-правовые акты, регламентирующие изменение структуры генерации, выделены факторы, оказывающие влияние на использование возобновляемых источников энергии. По результатам исследования представлены возможные сценарии эволюции структуры генерации в нашей стране к 2060 г.

Ключевые слова: электроэнергетика; экологический переход, углеродная нейтральность; ВИЭ; структура генерации электрической энергии; энергетическая стратегия

Одной из общемировых тенденций современности является смягчение последствий изменения климата за счет осуществления экологического перехода, предполагающего достижение углеродной нейтральности и изменяющего устоявшиеся экономические и социальные модели развития для решения основных экологических проблем. В частности, глобальным трендом в последние годы стало сокращение выбросов парниковых газов за счет увеличения доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем объеме генерации. Возобновляемые источники достигают сетевого паритета во многих странах, но обеспечение надежной и безопасной работы энергосистемы при их применении требует организации новых технологических связей между объектами электроэнергетики, разработки специальных мероприятий, предотвращающих возможные перерывы в энергоснабжении, что предполагает дополнительные инвестиции, а также использование новых навыков, технологий и организационных моделей в электроэнергетике.

На текущий момент по доле низкоуглеродной генерации, к которой, помимо ВИЭ, относятся ГЭС и АЭС, Россия находится на девятом месте среди 20 стран – мировых лидеров по производству электроэнергии¹. При этом совокупная установленная мощность ВИЭ в российской электрогенерации в 2022 г. составила всего 1,78%. По сравнению с 2014 г. она увеличилась более чем в 3,5 раза, в основном за счет действующей программы поддержки мощности ВИЭ (ДПМ ВИЭ), и продолжение этой программы поддержки обуславливает рост доли ВИЭ также в последующие годы.

Однако, по нашему мнению, для безопасного и эффективного изменения структуры генерации в русле экологического перехода необходимо формирование единого долгосрочного видения, предполагающего эволюцию системы генерации, энергосетей и технологических связей между объектами электроэнергетики.

С целью формирования такого видения на перспективу до 2060 г. в данной работе мы предполагаем решить следующие задачи:

- рассмотреть текущую структуру генерации электрической энергии в мире для понимания тенденций, влекущих ее структурные изменения и их возможного влияния на структуру генерации в России в прогнозный период;
- рассмотреть текущую структуру генерации электрической энергии в России;
- сформулировать предложения по выработке стратегии, направленной на изменения структуры генерации;
- рассмотреть возможные сценарии, направленные на изменения структуры генерации в нашей стране к 2060 г.

Текущая структура генерации электрической энергии в мире

Структура генерации электроэнергии и перспективы ее изменения рассмотрены в работах российских и зарубежных авторов [Kintner-Meyer et al., 2020; Arabzadeh et al., 2020; Хе и др., 2022;

¹ Баркин О. Климатическая повестка и российская электроэнергетика. Доклад на VII конференции «Приоритеты рыночной электроэнергетики России. 2022 [Эл. ресурс]. URL: https://www.np-sr.ru/sites/default/files/prezentaciya_barkina_o.g.pdf (дата обращения: 09.03.2023).

Зырянов др., 2020; Рамзи и др., 2022; Кузовкин, 2021; Яковлев и др., 2021].

Произошедшие и прогнозируемые до 2025 г. изменения структуры генерации, по версии Международного энергетического агентства (МЭА), представлены на рисунке 1.

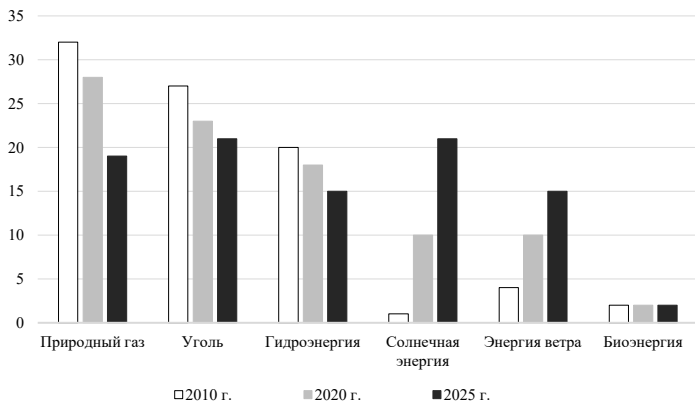
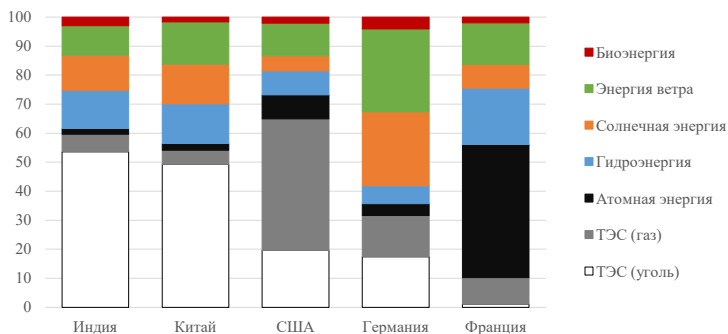


Рис. 1. Структура генерации электрической энергии по видам, в 2010–2025 гг., %

По данным МЭА², в ближайшие пять лет в мире будет произведено столько же энергии ВИЭ, сколько за последние 20 лет. Предполагается, что уже к 2025 г. ВИЭ смогут обогнать и уголь, и газ и станут крупнейшим источником мировой электроэнергии, а наибольшее развитие получит солнечная энергия [Kintner-Meyer, 2020. С. 53]. Таким образом, уже к 2050 г. мировая энергосистема может достичь нулевых выбросов углерода [Arabzadeh, et al., 2020].

Безусловно, структура установленной мощности в отдельных странах сильно различается, что отчетливо видно на примерах, представленных на рисунке 2.

² The world set to add as much renewable power in the next 5 years as it did in the past 20 [Эл. ресурс]. URL: <https://www.iea.org/?spotlight=the-global-energy-crisis-has-triggered-unp> (дата обращения: 15.02.2023).



Источник. Данные Ассоциации «НП Совет рынка».

Рис. 2. Структура установленной мощности электростанций в отдельных странах мира в 2021 г., %

Различаются и национальные энергетические стратегии, на основе которых формируется будущая структура генерации. Так, Китай, в структуре установленной мощности которого сегодня преобладают угольные станции, активно развивает ВИЭ. Среди стран, использующих ВИЭ, Китай является доминирующим игроком [Хе и др., 2022. С. 82], его доля в мировой выработке электроэнергии от ВИЭ составляет 90%. Здесь планируется увеличить мощности солнечной и ветровой энергии к 2030 г. более чем вдвое по сравнению с 2020 г. (до 120 ГВт)³ и к 2050 г. более, чем в восемь раз (до 5040 ГВт). Вместе с тем Китай не собирается отказываться от угольной энергетики и планирует дальнейшее ее развитие. Помимо строительства новых мощностей, будут модернизироваться существующие – с использованием CCUS- технологии (улавливания и захоронения углерода)⁴, что позволит обеспечить основную нагрузку и безопасность электроснабжения как минимум на период развития ВИЭ и достижения ими заявленных показателей.

³ Сидорович В. Электроэнергетика Китая: итоги 2021 года. 2022 [Эл. ресурс]. URL: <https://reenen.ru/elektroenergetika-kitaya-itogi-2021-goda/> (дата обращения: 13.03.2023).

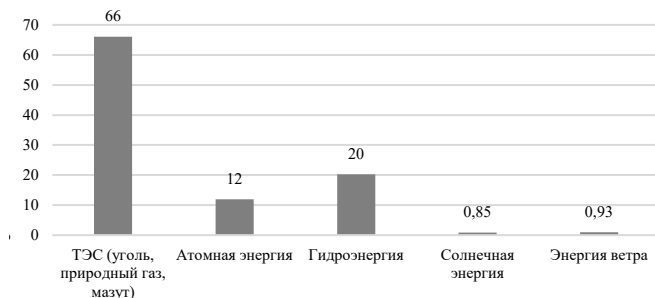
⁴ Технологический обзор Улавливание, использование и хранение углерода (ccus). 2021 [Эл. ресурс]. URL: https://unece.org/sites/default/files/2021-02/CCUS%20brochure_RU_final.pdf (дата обращения: 13.03.2023).

США и Индия намерены в ближайшие пять лет увеличить инвестиции в производство солнечной энергии до 25 млрд долл. При этом США очень много внимания уделяет и проектам по использованию CCUS-технологии (около 50% от проектов в мире)⁵.

Текущая структура генерации электрической энергии в России

Современная структура генерации электроэнергетики в России и перспективы ее изменения подробно рассмотрены в отечественной литературе (см. [Бушукина, 2021; Парамзин, Ковалев, 2022; Болденков, 2022; Фатерина, 2023; Устюжанина, Паскарь, 2022] и др.). Показано, в частности, что объекты ветровой генерации целесообразно вводить в южных районах, регионах Арктики и Дальнего Востока, где ветроэнергетический потенциал достаточно высок (например, в конце 2022 г. была введена Кольская ВЭС).

Сложившаяся на текущий момент структура установленной мощности электростанций России представлена на рисунке 3. Сегодня более 66% в ней занимают теплоэлектростанции, работающие на различных видах углеводородного топлива, тогда как на ВИЭ приходится минимальная доля в структуре генерации.



Источник. СО ЕЭС.

Рис. 3. Структура установленной мощности электростанций на 1 января 2023 г.,%

⁵ Технологии улавливания, полезного использования и хранения двуокиси углерода. 2022 [Эл. ресурс]. URL: (<https://www.ecoindustry.ru/i/news/59983/ccus-skolteh-2022-11-10.pdf?ysclid=le8mnhl1i363285776>) (дата обращения: 13.03.2023).

Прежние прогнозы о темпах развития ВИЭ в России в 2022 г. претерпели изменения из-за введения антироссийских санкций рядом западных стран, компании которых ранее были партнерами в большинстве проектов ВИЭ. Так, объявили об уходе из России датская Vestas, один из крупнейших производителей ветрогенераторов, итальянская Enel и финская Fortum⁶; конкурсные отборы по строительству генерирующих объектов ВИЭ были перенесены с 2022 г. на 2023 г.⁷ Однако потенциал ВИЭ в нашей стране все еще остается высоким [Парамзин, Ковалев, 2022. С. 219], и структура генерации электроэнергии в ближайшие годы продолжит меняться, пусть и не так быстро, как это планировалось ранее.

На 1 июля 2022 г. в рамках ДПМ ВИЭ введено в эксплуатацию 95 объектов, из них 70 объектов солнечной генерации мощностью 1,7 ГВт, 22 – ветрогенерации мощностью 1,9 ГВт и три малой гидрогенерации – мощностью 20,9 мВт. К 2025 г. совокупные мощности ВИЭ, введенные в рамках ДПМ, должны составить 5,99 ГВт, к 2035 г. – 19,5 ГВт (7,5% от совокупной установленной мощности)⁸. Согласно прогнозам Минэнерго РФ, к 2050 г. объем установленной мощности ВИЭ может достичь 100 ГВт⁹, или 25% совокупной установленной мощности.

Подчеркнем, что на дальнейшее изменение структуры генерации влияет также развитие атомной и гидроэнергетики. В соответствии с Генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики до 2035 г.¹⁰ ввод новых энергоблоков АЭС до 2035 г. прогнозируется на уровне 17,7–21,4 млн кВт, ТЭС-51,4 – 59,5 млн кВт,

⁶ Героева А. Ветроэнергетику пытаются перезапустить. 2022 [Эл. ресурс]. URL: https://www.vedomosti.ru/ecology/science_and_technology/articles/2022/07/14/931431-vetroenergetiku-pitayutsya-perezapustit (дата обращения: 13.02.2023).

⁷ Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития. Бюллетень Ассоциации развития возобновляемой энергетики. 2022 [Эл. ресурс]. URL: https://novawind.ru/bitrix/images/Byulleten_Interaktivny_2022_1.pdf?ysclid=lde93orghj642354659 (дата обращения: 13.03.2023).

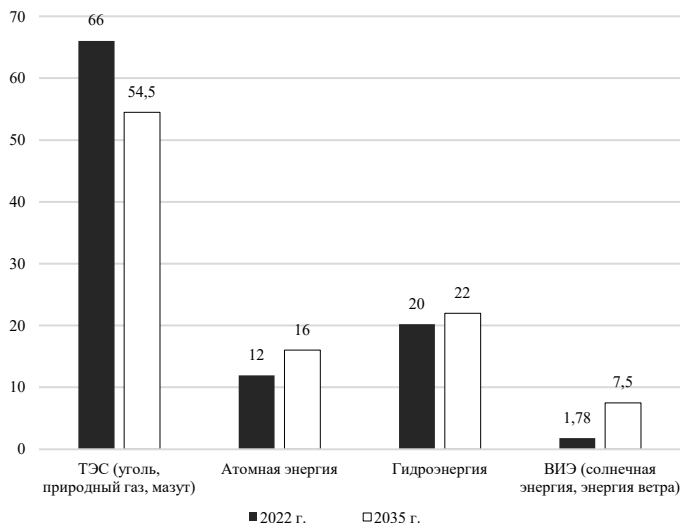
⁸ Там же.

⁹ К 2050 году ВИЭ России может иметь 100 ГВт мощности. 2021 [Эл. ресурс]. URL: <https://rreda.ru/novosti/tpost/eo3k5202v1-k-2050-godu-vie-rossii-mozhet-imet-100-g?ysclid=le8pfruaeb397436053> (дата обращения: 13.03.2023).

¹⁰ Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2017 г. № 1209-р Об утверждении Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2035 [Эл. ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71599734/?ysclid=ldixghr7k1937763422> (дата обращения: 13.03.2023).

мощностей на основе ВИЭ – 1,8 млн кВт¹¹ (около 2% от общего прогнозируемого объема ввода новых мощностей).

В 2023 г. значения по вводу атомных энергоблоков и объектов гидроэнергетики актуализированы¹². На данный момент к 2035 г. планируется увеличение мощностей АЭС 12,2 ГВт, ГЭС – на 6,67 ГВт¹³ при наименьшем объеме ввода новых мощностей традиционных ТЭС (рис. 4).



Источник. По данным СО ЕЭС, Ассоциации «НП Совет рынка», Минэнерго России, Ассоциации развития возобновляемой энергетики.

Рис. 4. Прогнозные значения изменения структуры установленной мощности электростанций России к 2035 г., %

¹¹ Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года [Эл. ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/zzvuuhfq2f3OJIK8AZKVsXrGIbW8ENGp.pdf> (дата обращения: 13.03.2023).

¹² Правительство актуализировало генсхему размещения объектов электроэнергетики [Эл. ресурс]. URL: <https://www.so-ups.ru/news/energy-news/energy-news-view/news/20679/> (дата обращения: 17.01.2023).

¹³ Александр Новак — о трендах и приоритетах российской энергополитики [Эл. ресурс]. URL: <https://strana-rosatom.ru/2023/02/16/aleksandr-novak-o-trendah-i-pri/?ysclid=le8pоq9hxi930389219> (дата обращения: 20.02.2023).

Предложения по выработке стратегии, направленной на изменение структуры генерации

При формировании стратегии долгосрочного развития электроэнергетики, с учетом дальнейшего увеличения доли ВИЭ в совокупном объеме выработки, необходимо учитывать факторы, оказывающие влияние как на развитие всех типов генерации, так и имеющие наибольшее значение в развитии пока еще нового для России сектора ВИЭ. Факторы, влияющие на развитие типов генерации, выделены авторами на основании анализа теоретических исследований [Фатерина, 2022. С. 45–50; Бушукина, 2021. С. 95–98; Парамзин, Ковалев, 2022. С. 219; Яковлев, Кабир, Никулина, 2021. С. 11–15] и результатов исследований, представленных на международной сессии СИГРЭ в 2022 г., посвящённой вопросам энергоперехода¹⁴. К ним относятся следующие:

- *сезонность* – наличие суточной и сезонной неравномерности, отсутствие прогнозируемости и невозможность регулирования без использования систем накопления энергии, что оказывает отрицательное влияние на развитие тех типов генерации, которые ей подвержены. Это в основном солнечные и ветровые станции, а также в некоторой степени тепловые, выработка которых напрямую зависит от тепловой нагрузки;

- *технологическая зрелость* – зрелость производственных процессов, наличие технологических ограничений, рисков, необходимость внедрения новых технологий для дальнейшего развития объемов мощности. Наибольшей зрелостью технологических процессов отличаются ТЭС, АЭС и ГЭС. Технологии ветровой и солнечной генерации в России пока недостаточно освоены. Их отличает большое количество рисков, потребность в использовании новых технологий для дальнейшего развития (например, накопителей), что замедляет рост объемов ВИЭ в общей структуре генерации;

- *экономика* – социально-экономические критерии и последствия, которые необходимо учитывать при развитии того или иного типа генерации, в том числе – возможное изменение цены электроэнергии при изменении структуры генерации.

¹⁴ 49-я сессия СИГРЭ. [Эл. ресурс]. URL: http://cigre.ru/activity/session/session_2022/ (дата обращения: 10.03.2022).

Нормированная стоимость электроэнергии, используемая для сравнения бизнес-планов проектов, реализуемых в сопоставимых условиях, на сегодня выше для ветровой и солнечной генерации, что при значительном росте объемов мощности ВИЭ может негативно отразиться на средней стоимости электрической энергии;

- *достижение углеродной нейтральности* – стремление к минимизации выбросов углекислого газа и смягчению последствий изменения климата. Углеродная нейтральность может быть достигнута за счет увеличения доли ВИЭ, повышения эффективности использования традиционных источников энергии за счет их глубокой модернизации и внедрения технологий улавливания CO₂ (CCUS-технологии), развития процессов газификации, угля и пр. Фактор оказывает положительное влияние на развитие типов генераций с нулевыми выбросами (ВЭС, СЭС, АЭС, ГЭС), и отрицательное – на развитие традиционных ТЭС (при отсутствии CCUS-технологии);

- *безопасность* – эффективное и безопасное управляемое обеспечение потребителей электроэнергией, при использовании новых технологий – управляемое встраивание их в существующую энергосистему; технологическая и ресурсная импорто-независимость. Обеспечение безопасности является ключевым элементом в развитии всех типов генерации, определяющим фактором их развития. На данный момент наиболее опасным (наименее безопасным) типом генерации эксперты считают АЭС. Это одна из основных причин медленного развития атомной энергетики;

- *потенциал развития* – нереализованный на данный момент в нашей стране потенциал, определяемый наличием ресурсов, природных условий, размером территории и иными факторами, способными оказать влияние на дальнейшее развитие того или иного типа генерации. В этом плане особенно перспективными представляются ВЭС, СЭС и мини-ГЭС, для развития которых имеются свободные площади с большой инсоляцией, необходимой скоростью ветра, множество малых и средних рек с высоким потенциалом гидроэнергии. Учитывая внешнеполитическую ситуацию и планы стратегического развития, данный фактор актуален и для атомной энергетики, в области которой Россия обладает высокими компетенциями, уникальными технологиями и запасами сырья.

Приведенный перечень не является окончательным и может быть расширен. Оценим влияние перечисленных факторов на развитие элементов в существующей структуре генерации РФ (таблица 1) в контексте экологического перехода.

Таблица 1. Влияние различных факторов на развитие типов генерации электрической энергии

Вид генерирующей станции (в зависимости от вида используемой энергии)	ТЭС	АЭС	ГЭС (за исключением мини-ГЭС)	СЭС	ВЭС
Фактор	«-» – отрицательное влияние, «+» – положительное влияние или отсутствие влияния данного фактора на тип генерации				
Сезонность	+	+	-	-	-
Стохастичность	+	+	+	-	-
Технологическая Зрелость	+	+	+	-	-
Экономика	+	+	+	-	-
Достижение углеродной нейтральности	-	+	+	+	+
Безопасность	+	-	+	+	+
Потенциал развития	-	+	-	+	+

Как видим, анализируя данные таблицы, ветровые и солнечные генерирующие станции, способствующие достижению углеродной нейтральности, не позволяют формировать точный прогноз по генерации электроэнергии из-за сезонности и сильной зависимости от метеоусловий (стохастичности). Данную проблему частично удастся решить за счет накопителей энергии, но и они не позволяют полностью отказаться от традиционной генерации.

Использование тепловой генерации (ТЭС), наоборот, не способствует достижению углеродной нейтральности без значительных затрат на улавливание, использование и хранение углекислого газа (CCUS-технологии). Такого рода технологии имеют значительный потенциал, в том числе в нашей стране. По экспертным оценкам, к 2050 г. за счет внедрения CCUS-технологий удастся увеличить объем улавливания и захоронения до 6 млрд т¹⁵ CO₂-эквивалента в год.

Но, конечно, изменение структуры генерации электрической энергии в России в долгосрочной перспективе зависит не только

¹⁵ Тыртов Е. Захоронить нельзя выбрасывать» – эксперты VYGON Consulting о развитии проектов улавливания и хранения CO₂ в России [Эл. ресурс]. URL: <https://vygon.consulting/pressroom/our-publications/1899/> (дата обращения: 20.02.2023).

от приверженности страны к экологическому переходу, но и от технико-экономических факторов, которые позволят, как минимум, не ухудшить степень воздействий на окружающую среду, а как максимум – достигнуть углеродной нейтральности. При этом должно быть обеспечено надежное и стабильное энергоснабжение, учитывающее устойчивый рост потребления энергии.

Таким образом, сценарии развития энергосистемы в долгосрочной перспективе можно представить исходя из взаимосвязи следующих параметров:

- уровень развития технологий и формирование новых технологических взаимосвязей;
- изменение долей источников энергии;
- приверженность страны к экологическому переходу.

Под развитием технологий и формированием технологических взаимосвязей мы понимаем развитие информационных систем управления и учета, в том числе основанных на технологиях «больших данных» (Big Data) и «цифровых двойников», что позволит масштабировать и эффективно управлять распределением и потреблением электроэнергии, реализуя современные подходы управления спросом (demand response), используя системы накопления энергии, Vehicle-to-grid, распределенной генерации и пр. В то же время ориентация на экологию (улучшение использования природных ресурсов) согласуется с решением ключевой задачи управления солнечной и ветровой генерацией – сглаживанием сезонных и климатических колебаний с помощью концепции временного хранения [Зырянов, Кирьянова и др., 2020. С. 79].

С учетом перечисленных параметров можно определить сценарии дальнейшего энергетического развития России (таблица 2, рис. 5).

Таблица 2. Сценарии дальнейшего развития энергосистемы РФ

Сценарий	Уровень развития новых технологических взаимосвязей	Изменение доли традиционных источников энергии	Приверженность страны к экологическому переходу
Сценарий 1	Низкий	Без изменения	Низкая
Сценарий 2	Высокий	Умеренное	Ограниченное
Сценарий 3	Низкий	Умеренное	Высокое
Сценарий 4	Высокий	Ускоренное	Высокая
Сценарий 5	Высокий	Ускоренное	Абсолютная

Сценарий 1 предполагает низкий уровень развития новых технологических взаимосвязей, высокую долю традиционных источников энергии (в первую очередь ТЭС), низкую приверженность страны к экологическому переходу.

Сценарий 5 ориентирован на достижение полной углеродной нейтральности, определенной международным энергетическим агентством при обеспечении стабильных и недорогих поставок энергии и устойчивого экономического роста. Для него характерны высокий уровень новых технологических взаимосвязей, ускоренное снижение доли традиционных источников энергии, высокая приверженность страны к экологическому переходу.

Сценарии 2–4 представляют собой промежуточные варианты с акцентом на тот или иной параметр.



Рис. 5. Сценарии дальнейшего развития энергосистемы РФ

Среди преимуществ реализации сценариев 4 и 5 можно выделить:

- повышение гибкости при работе с генерирующими объектами, которые подвержены суточной и сезонной неравномерности и отсутствию прогнозируемости;
- повышение безопасности системы (в частности – за счет снижения риска отключения электроэнергии) путем увеличения доступной мощности;

- способствовать экономичному сокращению выбросов CO₂ и выполнению обязательств по Парижскому соглашению.

Однако это потребует, как минимум, значительного усиления координации между регулируемыми органами страны и создания общей платформы для эффективного взаимодействия всех заинтересованных организаций, не говоря уже об очень серьезных инвестиционных вложениях.

Литература

Болденков А. Возобновляемые источники энергии как фактор экономического развития Алтайского края // Проблемы социально-экономического развития Сибири. 2022. № 4(50). С. 25–32. DOI 10.18324/2224–1833–2022–4–25–32 EDN URABEL.

Бушуккина В. Особенности развития возобновляемой энергетики в мире и в России // Финансовый журнал. 2021. № 5. С. 93–107.

Зырянов В., Кирьянова Н., Коротков И. Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт // Энергетическая политика. 2020. № 6(148). С. 76–87. DOI 10.46920/2409–5516_2020_6148_76

Кузовкин А. Углеродоемкость природного газа и электроэнергии, развитие ВИЭ в России и за рубежом // Микроэкономика. 2021. № 3. С. 57–64. DOI 10.33917/mic-3.98.2021.57–64 EDN FAQXLS.

Парамзин А., Ковалев В. Анализ подходов к оптимизации структуры и состава генерирующего комплекса в задачах распределенной генерации // Инженерный вестник Дона. 2022. № 11(95). С. 219–236.

Рамзи Е., Ванин А., Насыров Р., Шаров Ю. Планирование развития электрической генерации однозонной энергосистемы с высокой долей возобновляемых источников энергии // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2022. № 5. С. 56–65. DOI 10.24160/1993–6982–2022–5–56–65 EDN EENYJL.

Устюжанина А., Паскарь И. Тарифообразование на рынке электроэнергии распределенной генерации в России // Экономика и управление инновациями. 2022. № 1(20). С. 65–74. DOI 10.26730/2587–5574–2022–1–65–74 EDN DSLDUY.

Фатерина А. Способы обеспечения экономической и энергетической безопасности при декарбонизации российской экономики Государственное управление // Электронный вестник. 2023. № 95. С. 41–52. DOI 10.24412/2070–1381–2022–95–41–52. EDN NHQCDR.

Хе Х., Тягунов Г., Ту М. Состояние и перспективы развития электроэнергетики Китая в контексте углеродной нейтральности промышленности // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2022. № 3. С. 82–92. DOI 10.24160/1993–6982–2022–3–82–92 EDN OTWJGI.

Яковлев И., Кабир Л., Никулина С. Изменения климатической политики и финансовых стратегий ее реализации в ЕС и России // Финансовый журнал. № 5. 2021. С. 11–28.

Arabzadeh V., Mikkola J., Jasiūnas J., and Lund P. Deep decarbonization of urban energy systems through renewable energy and sector-coupling flexibility strategies // Journal of Environmental Management. 110090. 2020. vol. 260 p.

Kintner-Meyer M. et al. Electric Vehicles at Scale – Phase I Analysis: High EV Adoption Impacts on the U.S. Power Grid. PNNL-29894. April 2020. PNNL Report, Richland, WA. URL: https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/EV-AT-SCALE_1_IMPACTS_final.pdf (дата обращения: 15.01.2023).

Статья поступила 09.02.2023

Статья принята к публикации 15.02.2023

Для цитирования: Ремизова Т. С., Табуров Д. Ю. Изменение структуры генерации в России в контексте экологического перехода // ЭКО. 2023. № 4. С. 134–148. DOI: 10.30680/ECCO0131-7652-2023-4-134-148

Информация об авторах

Ремизова Татьяна Сергеевна (Москва) – кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Научно-исследовательский финансовый институт». E-mail: ttatia@yandex.ru

Табуров Денис Юрьевич (Москва) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник. ФГБУ «Научно-исследовательский финансовый институт». E-mail: taburov@narod.ru

Summary

T.S Remizova, D.Y. Taburov

Changing the Generation Structure in Russia in the Context of Environmental Transition

Abstract. The transition to carbon neutrality, which is topical for many countries around the world, including Russia, entails a change in the structure of electric power generation. This involves the evolution of the system of energy generation and transmission and the development of new interconnections between energy market organizations. This paper examines the current structure of electric power generation in the world and in Russia, the regulations governing the change in the structure of generation, and the factors influencing the use of renewable energy sources are highlighted. Possible scenarios for evolution of generation structure in our country by 2060 are presented based on the results of the study.

Keywords: *electric power industry; environmental transition; carbon neutrality; renewable energy sources; structure of electric power generation; energy strategy*

References

Arabzadeh, V., Mikkola, J., Jasiūnas, J., and Lund, P. (2020). Deep decarbonization of urban energy systems through renewable energy and sector-coupling flexibility strategies. *Journal of Environmental Management*.110090. Vol. 260 p.

Boldenkov, A. (2022). Renewable energy sources as a factor of economic development of the Altai Territory. *Problemy social'no-ekonomicheskogo razvitiya Sibiri*. No. 4(50). Pp. 25–32. (In Russ.).DOI 10.18324/2224–1833–2022–4–25–32 EDN URABEL.

Bushukina, V. (2021). Features of the development of renewable energy in the world and in Russia. *Finansovyy zhurnal*. No. 5. Pp. 93–107. (In Russ.).

Faterina, A. (2023). Methods of ensuring economic and energy security during the decarbonization of the Russian economy Public administration. *Elektronnyy vestnik*. No. 95. Pp. 41–52. (In Russ.). DOI 10.24412/2070–1381–2022–95–41–52 EDN NHQCDR.

He, H., Tyagunov, G., Tu, M. (2022). The state and prospects of development of China's electric power industry in the context of carbon neutrality of industry. *Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta. Vestnik MEI*. No. 3. Pp. 82–92. (In Russ.). DOI 10.24160/1993–6982–2022–3–82–92 EDN OTWJGI.

Kintner-Meyer, M. et al. (2020). Electric Vehicles at Scale – Phase I Analysis: High EV Adoption Impacts on the U.S. Power Grid. PNNL-29894. PNNL Report, Richland, WA. Available at.: https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/EV-AT-SCALE_1_IMPACTS_final.pdf (accessed 15.01.2023).

Kuzovkin, A. (2021). The carbon intensity of natural gas and electricity, the development of renewable energy in Russia and abroad. *Mikroekonomika*. No. 3. Pp. 57–64. DOI 10.33917/mic-3.98.2021.57–64 EDN FAQXLS. (In Russ.).

Paramzin, A., Kovalev, V. (2022). Analysis of approaches to optimizing the structure and composition of the generating complex in distributed generation tasks. *Inzhenernyy vestnik Dona*. No. 11(95). Pp. 219–236. (In Russ.).

Ramzi, E., Vanin, A., Nasyrov, R., Sharov, Yu. (2022). Planning the development of electric generation of a single-zone power system with a high proportion of renewable energy sources. *Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta*. No. 5. Pp. 56–65. (In Russ.). DOI 10.24160/1993–6982–2022–5–56–65 EDN EENYJI.

Ustyuzhanina, A., Paskar', I. (2022). Tariff formation in the electricity market of distributed generation in Russia. *Ekonomika i upravlenie innovatsiyami*. No. 1 (20). Pp. 65–74. (In Russ.). DOI 10.26730/2587–5574–2022–1–65–74 EDN DSLDUY.

Yakovlev, I., Kabir, L., Nikulina, S. (2021). Changes in climate policy and financial strategies for its implementation in the EU and Russia. *Finansovyy zhurnal*. No. 5. Pp. 11–28. (In Russ.).

Zyryanov, V., Kir'yanova, N., Korotkov, I. (2020). Energy storage systems: Russian and foreign experience. *Energeticheskaya politika*. No. 6(148). Pp. 76–87. (In Russ.). DOI 10.46920/2409–5516_2020_6148_76

For citation: Remizova, T.S., Taburov, D.Yu. (2023). Changing the Generation Structure in Russia in the Context of Environmental Transition. *ECO*. No. 4. Pp. 134–148. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2023-4-134-148

Information about the authors

Remizova, Tatyana Sergeevna (Moscow) – Candidate of Economic Sciences. Leading Researcher of the Scientific Research Financial Institute. E-mail: ttatia@yandex.ru

Taburov, Denis Yurievich (Moscow) – Candidate of Technical Sciences. Senior Researcher of the Scientific Research Financial Institute, Moscow. E-mail: taburov@narod.ru