

Т.А. Ланьшина

Ассоциация «Цель номер семь», Москва

В.И. Сливяк

Российская экологическая группа «Экозащита!», Москва

С.В. Стрелкова

Organic Skolkovo, Москва

Российская электроэнергетика до 2035 года: на пути к полному переходу на возобновляемые источники энергии

Аннотация. В данном исследовании представлены два сценария развития российской электроэнергетики на период до 2035 г. – базовый и энергоперехода. Базовый сценарий предполагает, что в ближайшие 15 лет в стране будет осуществлена политика, предусмотренная ключевыми стратегическими документами по энергетической стратегии. В этом сценарии доля ветровой и солнечной генерации возрастет незначительно – с 0,3% в 2020 г. до 2,2% в 2035 г., что будет существенно ниже, чем в подавляющем большинстве крупных экономик мира. Сценарий энергоперехода предполагает отказ от строительства новых ТЭС и АЭС и постепенный вывод тепловых и атомных электростанций из эксплуатации по мере

истечения их сроков службы и их замена на ветровые и солнечные электростанции. На ГЭС, АЭС, газовых ТЭС и ТЭС на биомассе к 2035 г. в совокупности будет приходиться около 28% постоянной генерации, что обеспечит стабильность энергосистемы. Оставшаяся доля генерации будет обеспечиваться за счет переменных источников – ветра и солнца в пропорции 2: 1. В данном сценарии предусмотрен отказ от угольной генерации к 2030 г., от атомной – к 2060 г.

Ключевые слова: *энерготехпереход, возобновляемые источники энергии.*

Классификация JEL: O13, O14.

Для цитирования: **Ланьшина Т.А., Сливяк В.И., Стрелкова С.В.** (2022). Российская электроэнергетика до 2035 года: на пути к полному переходу на возобновляемые источники энергии // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 4 (56). С. 223–229. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-56-4-14

В октябре 2021 г. Россия официально заявила о том, что будет стремиться добиваться углеродной нейтральности к 2060 г.¹ Однако имеющиеся стратегические документы пока предусматривают традиционную для России траекторию развития и не предполагают изменения структуры энергетического сектора². Поэтому необходимы исследования того, как может выглядеть российский энергетический сектор в случае:

– продолжения следования привычной для России модели энергетики;

– перехода к углеродной нейтральности к 2050 г., если Россия будет выполнять обещания не формально (за счет лесного сектора), а за счет сокращения выбросов парниковых газов.

Анализ этих вариантов является целью настоящей работы.

Предпосылки и методы исследования

В будущем электроэнергия станет основным энергоносителем, который будет использоваться в том числе в тепловой энергетике и транспортном секторе, как напрямую, так и косвенно, – через «зеленый» водород и прочие технологии Power-to-X³. В данной статье авторы придерживаются аналогичных предпосылок для России и исходят из того, что для совершения энергетического перехода к 2050 г. России необходимо:

1) перейти на 100%-ные возобновляемые источники энергии (ВИЭ) в электроэнергетике;

2) в максимальной степени перевести отопительный (в том числе в жилищно-комму-

нальном хозяйстве) и транспортный секторы на электроэнергию;

3) оставшиеся потребности в тепловой энергии и энергии для транспорта покрыть за счет ВИЭ (тепловые насосы, устойчивое биотопливо) и новых безуглеродных энергоносителей («зеленый» водород⁴ и прочие технологии Power-to-X).

Учитывая, что Россия находится на самых начальных этапах энергетического перехода, до 2035 г. реалистичен лишь существенный прогресс в части перехода на ВИЭ в электроэнергетике и создание базы для ускоренного энерготехперехода в двух оставшихся секторах энергетики в период с 2035 по 2050 г.

В статье анализируются два сценария развития российской электроэнергетики до 2035 г.

Базовый сценарий предполагает сохранение сложившихся трендов и реализацию принятых до декабря 2021 г. стратегических документов, прежде всего «Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики на период до 2035 г.»⁵, «Энергетической стратегии России на период до 2035 г.»⁶ и «Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.»⁷, а также официальных планов по развитию ВИЭ в России в рамках поддержки на оптовом рынке электроэнергии и мощности до 2035 г. (программы по договорам на поставку мощностей ВИЭ). Все эти документы ориентированы на период до 2035 г., как и настоящий анализ.

Сценарий энерготехперехода направлен на достижение цели в 1,5 °С «Парижского соглашения по климату»⁸ и Россией климатической нейтральности к 2050 г. По оценкам Межправительственной

¹ <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/12661729>

² См., например, <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRB7wx.pdf>

³ Технологии Power-to-X – технологии, позволяющие преобразовывать электроэнергию в аммиак, метан, водород и т.д., что отделяет электроэнергию от электроэнергетического сектора и позволяет накапливать ее и использовать в других секторах – отопительном, транспортном, промышленном.

⁴ «Зеленый» водород – водород, вырабатываемый полностью за счет ВИЭ, или низкоуглеродистой энергии.

⁵ <http://static.government.ru/media/files/zvuuuhfq2f3OJIK8AzKVsrGIbW8ENGp.pdf>

⁶ <https://minenergo.gov.ru/node/1026>

⁷ <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf>

группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), для ограничения потепления на 1,5 °С необходимо добиться нулевых чистых выбросов парниковых газов во всем мире к 2050 г. Сценарий энергоперехода предполагает постепенный вывод из эксплуатации электростанций на ископаемом топливе, а также атомных электростанций – по мере истечения срока их службы, и их замену на солнечные и ветровые электростанции, а также электростанции на биомассе, поскольку данные технологии ВИЭ являются наиболее развитыми и общедоступными.

Для разработки сценария энергоперехода была использована база данных всех электростанций России, функционирующих по состоянию на 2021 г.⁹ Ключевым источником данных являются действующие схемы и программы перспективного развития (СИПР) электроэнергетики субъектов РФ, а также прочие региональные и городские документы, касающиеся развития электроэнергетики, и данные сайтов генерирующих компаний.

Базовый сценарий

Из всех имеющихся в России документов планирования в сфере энергетики количественные оценки того, какой объем электроэнергии может производиться к 2035 г., содержатся лишь в «Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики на период до 2035 г.». Согласно данной схеме объем генерации ТЭС увеличится существенно – на 33% в базовом сценарии¹⁰ и на 30% – в минимальном¹¹. За счет ВИЭ к 2035 г. будет производиться только 6,7 млрд кВт×ч электроэнергии, или 0,5%. При этом в документе допускается, что к 2035 г. установленная мощность объектов ВИЭ без крупных ГЭС может составить до 11,6 ГВт, что будет эквивалентно 1,5% генерации.

На самом деле к 2035 г. может быть установлен немного больший объем мощностей ВИЭ. В настоящее время ВИЭ поддерживаются:

- 1) на оптовом рынке электроэнергии и мощности посредством договоров о поставке мощности (ДПМ), гарантирующих инвесторам возврат средств и доходность 12–14% в течение 15 лет;
- 2) на розничном рынке электроэнергии через специальный тариф на продажу электроэнергии;

3) в изолированных регионах – через государственные и энергосервисные контракты;

4) в сегменте микрогенерации – через сальдирование поставленной и полученной из сети электроэнергии.

Первая программа поддержки ВИЭ на оптовом рынке (ДПМ ВИЭ 1.0, 2014–2024 гг.) была ограничена общей установленной мощностью (5,86 ГВт), вторая (ДПМ ВИЭ 2.0, 2025–2035 гг.) – общим объемом финансирования (360 млрд руб., или 5 млрд долл.). По оценкам Ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), за счет ДПМ ВИЭ 2.0 можно построить до 5 ГВт электростанций на ВИЭ¹². Таким образом, в общей сложности по двум программам договоров поставки мощностей (ДПМ) ВИЭ может быть построено до 11 ГВт новых мощностей.

Поддержка ВИЭ на розничном рынке электроэнергии осуществляется с 2015 г., а объем электроэнергии, который может быть поддержан данной программой, не должен превышать 5% потерь в сетях. По оценкам АРВЭ, максимальная мощность ВИЭ, которая может быть установлена во всей стране с учетом этого ограничения, составляет 3 ГВт (Смергина, 2020).

Два оставшихся сегмента – изолированные районы и микрогенерация – неспособны обеспечить заметный прирост ВИЭ. Однако можно предположить, что за их счет к 2035 г. будет построено до 1 ГВт новой генерации (100–150 тыс. солнечных крыш). Таким образом, имеющиеся в России механизмы государственной поддержки ВИЭ могут обеспечить строительство до 15 ГВт объектов ВИЭ к 2035 г. (2% генерации).

В базовый сценарий исследования вошли все предпосылки из «Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики на период до 2035 г.», кроме объема выработки электроэнергии за счет ВИЭ. Мы рассчитываем данный объем, исходя из обоснованного выше заключения о том, что к 2035 г. в России будет построено около 15 ГВт объектов ВИЭ и что 2/3 генерации придется на ветроэнергетику и 1/3 – на солнечную энергетику, а коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) будет равен нормативному – 27% для ВЭС и 14% – для СЭС. Мы также предполагаем, что выработка за счет ВИЭ частично заменит выра-

⁸ Парижское соглашение по климату, принятое 12 декабря 2015 г., вступило в силу 4 ноября 2016 г. и начнет действовать с 2020 г. (https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf).

⁹ «Возраст и мощность электростанций России». Ассоциация «Цель номер семь». 2021. (<https://www.gns.center/projects>).

¹⁰ Базовый сценарий предполагает замещение электроэнергией других видов энергии и углубление электрификации в отопительном и транспортном секторах.

¹¹ Минимальный сценарий предусматривает интенсивную реализацию программ энергосбережения.

¹² «Рынок возобновляемых источников энергии в России будет» // Rreda.ru. 8 июня 2021 г. (<https://rreda.ru/novosti/tpost/sfxsbdgt1-rinok-vozbobnovyayemih-istochnikov-energi>).

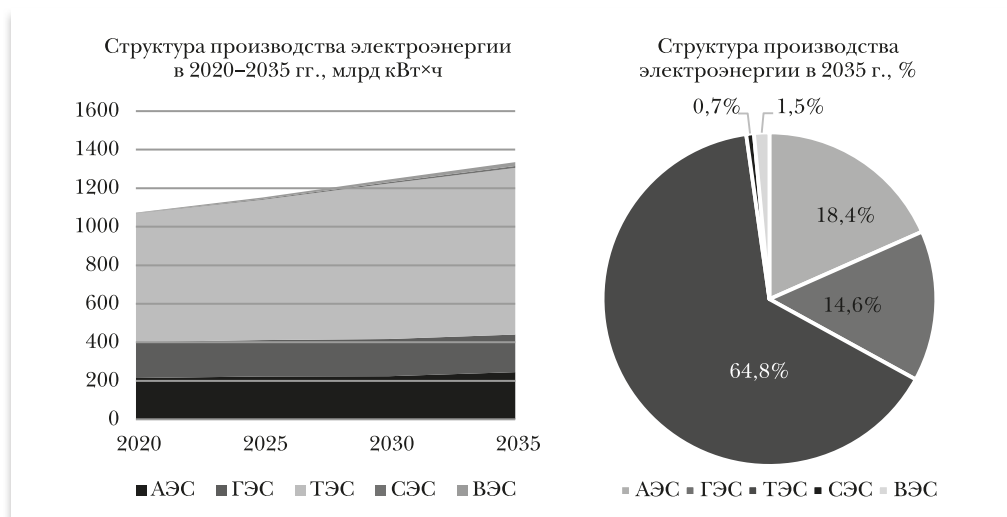


Рис. 1

Структура производства электроэнергии в России в базовом сценарии

Источник: расчеты авторов.

ботку за счет ТЭС. Результаты разработки базового сценария представлены на рис. 1.

Сценарий энергоперехода

В сценарии энергоперехода предусмотрен отказ от строительства новых и вывод из эксплуатации имеющихся ТЭС. Предполагается, что до

2025 г. будут остановлены энергоблоки старше 50 лет, а в 2026–2035 гг. — энергоблоки старше 20 лет. Оставшиеся к 2030 г. угольные блоки должны быть переведены на биотопливо (черные pellets), произведенное из древесных отходов, которые способны заменить уголь без существенной модернизации оборудования). По подсчетам

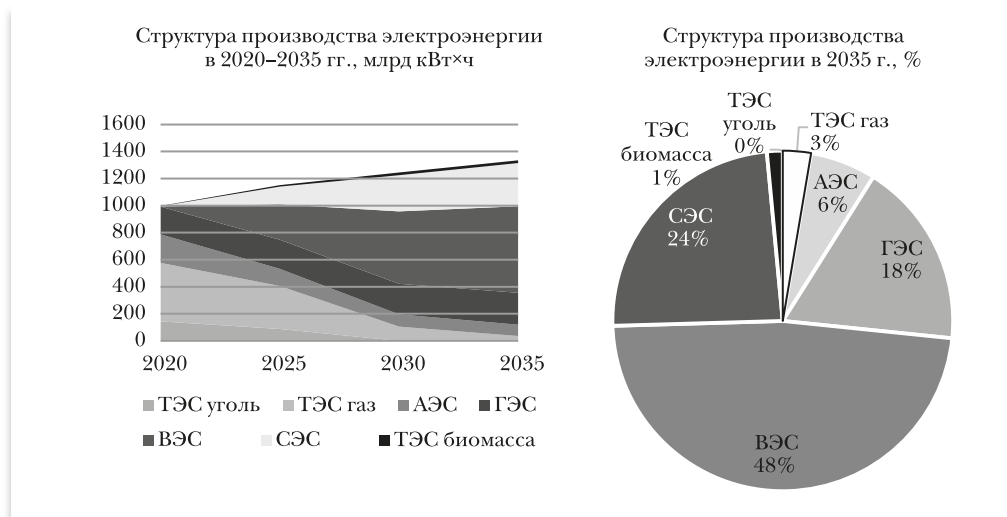


Рис. 2

Структура производства электроэнергии в России в сценарии энергоперехода

Источник: расчеты авторов.

авторов, отходов российской лесной промышленности, которые в настоящее время не перерабатываются, будет достаточно для обеспечения указанных мощностей биотопливом.

При производстве электроэнергии на АЭС выбросы парниковых газов не осуществляются, однако атомная энергетика имеет множество других негативных экологических последствий. Поэтому в сценарии энергоперехода строительство новых атомных реакторов не предусмотрено, а срок эксплуатации имеющихся реакторов принимается равным 40 годам (для старых энергоблоков в России этот срок обычно составляет 30 лет, однако его часто продлевают, а для новых энергоблоков ВВЭР-1200–60 лет). Таким образом, многие действующие атомные реакторы должны быть выведены из эксплуатации уже к 2035 г., к 2050 г. — большинство, а к 2060 г. должен произойти полный отказ от атомной энергетики.

Имеющиеся ГЭС в сценарии энергоперехода продолжают функционировать, при этом совокупная установленная мощность и выработка ГЭС немного увеличивается за счет строительства новых малых гидроэлектростанций. Новые крупные ГЭС в сценарии энергоперехода не предусмотрены, поскольку они оказывают негативное влияние на состояние окружающей среды (Poff, Hart, 2002).

Выводимые из эксплуатации ТЭС замещаются ветровыми и солнечными электростанциями, среди которых поддерживается пропорция по выработке 2: 1. Поскольку интенсивная электрификация даже в сценарии энергоперехода будет иметь место лишь после 2035 г., данный сценарий предполагает такой же общий объем производства электроэнергии, как и базовый. Результаты разработки сценария энергоперехода представлены на рис. 2.

Выполнимость сценария энергоперехода

Технический потенциал развития ВИЭ в России. Россия обладает самым большим в мире техническим потенциалом развития ветровой энергетики, который составляет от 6,5 ПВт×ч (Безруких и др., 2007) до 143 ПВт×ч (Lu, McElroy, Kiviluoma, 2009) в год, что в 7–143 раза превышает ее современные потребности в электроэнергии. Оценки технического потенциала солнечной энергетики в России варьируют от 10 ПВт×ч в год (Безруких и др., 2007) до 87,7 ПВт×ч в год (Ermolenko et al., 2017), что в 10–88 раз больше годового потребления электроэнергии в стране. Таким образом, технические препятствия для масштабного развития ветровой и солнечной энергетики в России отсутствуют.

Экономическая осуществимость энергетического перехода. Солнечная и ветровая энергия долгое время существенно проигрывали по экономике генерации на ископаемом топливе. Однако за последнее десятилетие средняя мировая стоимость производства электроэнергии (Levelized cost of energy, LCOE) за счет энергии Солнца снизилась в 10 раз, за счет энергии ветра — в 3 раза. Начиная с 2015 г. производство электроэнергии от этих источников в среднем в мире обходилось дешевле газовой и любой другой генерации (Lazard's levelized cost ..., 2020).

До недавнего времени данные глобальные тенденции практически не находили отражения в России. Так, в 2018 г. Сообщество потребителей энергии оценивало стоимость производства электроэнергии от энергии Солнца в России в 265 долл. за 1 МВт×ч, в то время как в мире значение этого показателя находилось на уровне 43 долл. (разница в 6 раз). Для ветра аналогичные оценки составили соответственно 313 долл. и 43 долл. (разница в 7 раз) (Дзюбенко, 2019).

Однако в сентябре 2021 г. конкурсный отбор проектов ВИЭ по программе ДПП 2.0 завершился сенсационным результатом. Заявленная стоимость производства электроэнергии (рассчитывается аналогично LCOE) на отобранных проектах СЭС с реализацией в 2023–2024 гг. составила от 60 до 89 долл. за 1 МВт×ч, на отобранных проектах ВЭС с реализацией в 2025–2027 гг. — от 24 до 71 долл. за 1 МВт×ч¹³ с учетом текущего валютного курса. Для солнечной энергии заявленные затраты лишь в два раза выше среднемировых в 2020 г. (от 31 до 42 долл.), для ветровой энергии — аналогичны среднемировым затратам (от 26 до 54 долл.) (Lazard's levelized cost ..., 2020). Одноставочная цена электроэнергии на оптовом рынке, включающая стоимость электроэнергии на рынке на сутки вперед и стоимость мощности, в 2020 г. составила в России 35 долл. за 1 МВт×ч для первой ценовой зоны (Европейская часть России и Урал) и 25 долл. за 1 МВт×ч — для второй ценовой зоны (Сибирь) (Оптовые цены ..., 2021).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Безруких П.П., Дегтярев В.В., Елистратов В.В., Панцхава Е.С., Петров Э.С., Пузаков В.Н. и др. (2007). Справочник по ресурсам ВИЭ России и местным видам топлива. М.: ИАЦ «Энергия». 272 с. [Bezrukikh P.P., Degtjarev V.V., Elistratov V.V., Pantskhava E.S., Petrov E.S., Puzakov V.N. et al. (2007). *Handbook*

¹³ Результаты отборов проектов // АТС. 2021 (<http://www.atsenergo.ru/vie/proresults/>).

on RES resources of Russia and local fuels. Moscow: Energija. 272 p. (in Russian).]

Дзюбенко В. (2019). Развитие ВИЭ в России: взгляд тех, кто за все это платит // *Ассоциация «Сообщество потребителей энергии»*. Режим доступа: <http://media.rspp.ru/document/1/1/a/1a5d15be2f385b0b049829d604b39ad6.pdf> [Dzjubenko V. (2019). The development of renewable energy in Russia: the view of those who pay for all this. *Energy Consumers Association*. Available at: <http://media.rspp.ru/document/1/1/a/1a5d15be2f385b0b049829d604b39ad6.pdf> (in Russian).]

Оптовые цены на электроэнергию в РФ в 2020 году выросли до максимума (2021) // *Интерфакс*. 8 февраля. Режим доступа: <https://www.interfax.ru/business/749835> [Wholesale electricity prices in Russia in 2020 rose to a maximum. *Interfax*, 8 February. Available at: <https://www.interfax.ru/business/749835> (in Russian).]

Смертина П. (2020). ВИЭ тянут в регионы // *Коммерсантъ*. 25.05.2020. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4355671> [Smertina P. (2020). Renewable energy is being

pulled to the regions. *Kommersant*. 25.05.2020. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/4355671> (in Russian).]

Ermolenko B.V., Ermolenko G.V., Fetisova Y.A., Proskuryakova L.N. (2017). Wind and solar PV technical potentials: Measurement methodology and assessments for Russia. *Energy*, 137, 1001–1012. Doi: 10.1016/j.energy.2017.02.050

Lazard's levelized cost of energy analysis – version 14.0. (2020). Available at: <https://www.lazard.com/media/451419/lazards-levelized-cost-of-energy-version-140.pdf>

Lu X., McElroy M.B., Kiviluoma J. (2009). Global potential for wind-generated electricity. *PNAS*. Available at: <https://www.pnas.org/content/pnas/106/27/10933.full.pdf>

Poff N.L., Hart D. (2002). How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal. *Bioscience*, 52 (8), 659–688. Available at: <https://www.fws.gov/habitatconservation/dams.pdf>

Поступила в редакцию 16.05.2022

Received 16.05.2022

T.A. Lanshina

Assosiation “Goal number seven”, Moscow, Russia

V.I. Sliviyak

Russian ecological group “Ecodefence!”, Moscow, Russia

S.V. Strelkova

Organic Skolkovo, Moscow, Russia

Russian electric power industry until 2035: On the way to full transition to renewable energy sources

Abstract. This study presents two scenarios for the development of the Russian electric power industry for the period up to 2035 – the baseline and the energy transition scenario. The baseline scenario assumes that in the next 15 years the country will implement the policy envisaged by the key energy strategic documents. In the baseline scenario, the share of wind and solar generation will increase slightly – from 0.3% in 2020 to 2.2% in 2035, which will be significantly lower than in the vast majority of the world major economies. The energy transition scenario assumes the abandonment of the construction of new thermal power plants and nuclear power plants and the gradual decommissioning of thermal and nuclear power plants as their service life expires, with replacement by wind and solar power plants. Hydroelectric power plants, nuclear power plants, gas thermal power plants and biomass thermal power plants will collectively account for about 28% of permanent generation by 2035, which will ensure the stability of the energy system. The remaining share of generation will be provided

by variable sources – wind and sun in a ratio of 2:1. The energy transition scenario provides for the abandonment of coal generation by 2030, from nuclear generation by 2060.

Keywords: *energy transition, renewable energy sources.*

JEL Classification: O13, O14.

For reference: **Lanshina T.A., Slivyak V.I., Strelkova S.V.** (2022). Russian electric power industry until 2035: On the way to full transition to renewable energy sources. *Journal of the New Economic Association*, 4 (56), 223–229. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-56-4-14