

Прогноз развития возобновляемой энергетики мира на период до 2030 года

Рецензия эксперта на статью получена 03.08.2018 [Expert review on the article received August 03, 2018].

О том, что энергетика мира практически на 100 % будет базироваться на возобновляемых источниках энергии, всё громче звучат голоса учёных, некоторых политических и административных деятелей мира. Весь вопрос — когда это произойдёт? Конечно, в разных странах — в разное время. Обратимся к некоторым высказываниям и именам.

В 2015 году губернатор Калифорнии (США) Джерри Браун подписал закон, по которому коммунальные предприятия штата к 2030 году обязаны на 50 % осуществить электроснабжение от возобновляемых источников. Однако, согласно отчёту крупнейших энергоснабжающих компаний этого американского штата (Pacific Gas and Electric, Southern California Edison и San Diego Gas and Electric), 50 %-й уровень использования ВИЭ будет достигнут уже в 2020 году [1].

Также, например, по заявлению шотландских властей уже к 2020 году Шотландия на 100 % будет снабжаться электроэнергией на базе ВИЭ [2].

По мнению группы американских учёных, опубликовавших своё «Заявление» в журнале «Энергетика и экология», потребности США в энергии могут быть удовлетворены более чем на 90 % исключительно на базе ВИЭ уже сейчас [3].

Ещё в 2010 году было опубликовано исследование «100 % renewable electricity.

По мнению группы американских учёных, опубликовавших своё «Заявление» в журнале «Энергетика и экология», потребности США в энергии могут быть удовлетворены более чем на 90 % исключительно на базе ВИЭ уже сейчас

A roadmap to 2050 for Europe and North Africa» [4], выполненное под эгидой известной фирмы PricewaterhouseCoopers (PwC). Идея состояла в том, чтобы в Северной Африке построить мощные солнечные станции, через Средиземное море проложить высоковольтные кабельные линии на европейский континент для энергоснабжения всей Европы. В публикации с технической точки зрения убедительно показана возможность осуществления этой идеи. В «дорожной карте» предусматривались шаги в политике, формирование структуры рынка, оценка инвестиций и финансирование, а также создание инфраструктуры. Однако идея не получила развития видимо по политическим причинам.

В ноябре 2017 года было опубликовано исследование Лаппеенрантского технического университета (LUT) и Energy Watch «Глобальная энергетическая система на базе 100 % энергии от ВИЭ».

УДК 621.31

Прогноз развития возобновляемой энергетики мира на период до 2030 года

П. П. Безруких, д.т.н., с.н.с. лаборатории оценки экономической эффективности отделения перспектив развития электроэнергетики АО «Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского»

Увеличение доли возобновляемой энергетики в мировом производстве электроэнергии оказывает существенное влияние на многие стороны экономики стран, поскольку при этом изменяется объем потребления ископаемого топлива, изменяется структура промышленного производства. Существенное влияние электростанции на базе ВИЭ оказывают также на режимы работы энергосистем. Поэтому вопрос о темпах перехода на возобновляемую энергетику представляется весьма актуальным. Автором проведён анализ темпов роста производства электроэнергии в мире за период 1995–2016 годов и предложены три сценария прогноза на период: до 2020 года, 2021–2025 и 2026–2030 годов. Сценарии отличаются среднегодовыми темпами роста. Проведён анализ темпов увеличения установленной мощности за период 2010–2016 годов ветровых (ВЭС), фотоэлектрических (ФЭС), геотермальных (ГеоЭС) и на биомассе (БиоЭС). Эти электростанции производят более 95 % электроэнергии на базе ВИЭ (без ГЭС). Было выявлено, что, по крайней мере до 2020 года, годовой ввод мощности на указанных электростанциях не будет существенно отличаться от ввода в 2016–2017 годах. Поэтому среднегодовые темпы будут меньше достигнутых. По данным о средневзвешенных значениях коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) для девяти континентов и трёх стран — Китая, Индии, США — рассчитаны средневзвешенные значения КИУМ для ВЭС, ФЭС, ГеоЭС, БиоЭС. С учётом этих значений и даже при уменьшенных темпах следует ожидать, что доля ВИЭ в производстве электроэнергии в мире в 2020 году составит порядка 14–15 %, тогда как по самым «оптимистическим» прогнозам международных организаций доля ВИЭ к 2020 году не превысит 10 %. А этот показатель уже достигнут в 2016 году. По представленному прогнозу к 2030 году доля ВИЭ составит 25–27 %.

Ключевые слова: производство электроэнергии, возобновляемая энергетика, установленная мощность, доля ВИЭ, ввод мощности, темп, прогноз, ВЭС, ФЭС, ГеоЭС, БиоЭС, КИУМ.

УДК 621.31

The forecast for the development of renewable energy in the world up to 2030

P. P. Bezrukhik, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory for Economic Evaluation of the Branch for Prospects for the Development of the Electric Power Industry, "G.M. Krzhizhanovsky Power Engineering Institute", JSC

The increase in the share of renewable energy in world electricity production has a significant impact on many aspects of the country's economy, as the volume of consumption of fossil fuels changes, the structure of industrial production changes. The power plants based on RES have a significant effect on the operating modes of power systems. Therefore, the question of the pace of transition to renewable energy seems very relevant. The author has analyzed the growth rates of electric power production in the world for the period 1995–2016 and proposed three forecast scenarios for the period: until 2020, 2021–2025 and 2026–2030. Scenarios are characterized by average annual growth rates. The analysis of the rate of increase in the installed capacity for the period 2010–2016 of wind (wind farm), photovoltaic (PV), geothermal (GeoES) and biomass (BioES). These power plants produce more than 95 % of electricity on the basis of RES (without HPP). It was revealed, that at least until 2020, the annual capacity input at these power plants will not significantly differ from the commissioning in 2016–2017. Therefore, the average annual rate will be less than achieved. According to the weighted average values of the utilization factor of the installed capacity (KIUM) for the continents and the countries of China, India, USA, the weighted average values of the KIUM for the wind farm, PV, GeoES, BioES are calculated. Given these values and even at a reduced rate, it is to be expected that the share of renewable energy in the world's electricity production in 2020 will be about 14–15 %, while according to the most "optimistic" forecasts of international organizations, the share of renewable energy sources by 2020 will not exceed 10 %. And this indicator has already been achieved in 2016. According to the forecast, by 2030 the share of RES will be 25–27 %.

Key words: electric power generation, renewable energy, installed capacity, share of renewable energy, capacity input, rate, forecast, wind farm, PV, GeoES, BioES, KIUM.



В работе утверждается, что существующий потенциал и технологии в области возобновляемых источников энергии, включая технологии накопления энергии, могут обеспечить достаточное и надёжное электроснабжение для покрытия мирового спроса на электроэнергию к 2050 году. И что этот энергетический поворот уже давно не вопрос технической осуществимости или экономической целесообразности, а политической воли.

Автор с этим утверждением полностью согласен. Однако, учитывая повышенный оптимизм энтузиастов возобновляемой энергетики, а также наблюдаемое за последние десять лет снижение темпов (процентов) увеличения установленной мощности, автор счёл необходимым проявить определённую осторожность в оценке темпов перехода на ВИЭ. В общем виде подход формулируется в следующем виде: 100%-е электропотребление на базе ВИЭ к 2050 году может быть достигнуто, если сбудется прогноз роста электропотребления (производства) и развития возобновляемой энергетики на 2030 год, а прогноз

на 2030-й сбудется, если будут достигнутые данные прогноза на 2020 год.

В самом деле, в настоящее время (середина 2018 года) с определённой уверенностью можно принять темпы роста электропотребления (производства) и темпы увеличения установленной мощности на базе ВИЭ на период до 2020 года, но и с определённой осторожностью — до 2030-го. Как будет развиваться энергетика мира после 2030 года, предсказать

В работе Лаппеенрантского технического университета и Energy Watc «Глобальная энергетическая система на базе 100% энергии от ВИЭ» утверждается, что существующий потенциал и технологии в области возобновляемых источников энергии, включая технологии накопления энергии, могут обеспечить достаточное и надёжное электроснабжение для покрытия мирового спроса к 2050 году

достаточно трудно. Возможно, сбудутся самые оптимистические прогнозы, если нефтяные и газовые компании поймут неизбежность процесса.

Для решения поставленной в докладе задачи необходимо обосновать:

- а) темпы роста производства электроэнергии на периоды 2017–2020, 2021–2025 и 2026–2030 годов;
- б) темпы роста установленной мощности электростанций на базе ВИЭ (ВЭС, ФЭС, БиоЭС, ГеоЭС);
- в) средневзвешенный коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) указанных в предыдущем пункте электростанций.

В табл. 1 приведены данные динамики производства электроэнергии за период с 1995 по 2016 годы. За этот период общее производство электроэнергии увеличилось с 13 258 до 24 816 ТВт·ч, то есть в 1,87 раза. При этом среднегодовой прирост мощности составил за период 2005–2016 годов — 2,8%, за период 2010–2016 — 2,03% и в 2016-м к 2015 году — 2,5%.

На базе этих данных в прогнозе среднегодовые темпы роста производства электроэнергии в мире приняты для трёх периодов (I — до 2020 года, II — 2021–2025, III — 2026–2030 годы) для трёх сценариев: маловероятный, возможный и вероятный. Результаты представлены в табл. 2. Производство электроэнергии в 2016 году — 24 816,4 ТВт·ч.

По данным увеличения установленной мощности, за период 2004–2016 годов определены среднегодовые темпы роста мощности за этот период электростанций на базе ВИЭ: ФЭС — 48,7%, ВЭС — 21,3%, ГеоЭС — 3,5%, БиоЭС — 9,9%.

Тем не менее, для определения среднегодового темпа роста за период 2016–2020 годов целесообразно исходить из прогноза годового ввода мощности с учётом достигнутого ввода в 2015 и 2016 годах.

Производство электроэнергии в мире

табл. 1

Годы	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Производство электроэнергии, ТВт·ч	13 258,3	13 686,9	14 010,6	14 360,3	14 776,9	15 409,0	15 641,1	16 191,6	16 787,7	17 573,3	18 333,8
Годы	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Производство электроэнергии, ТВт·ч	19 131,7	20 019,3	20 420,6	20 261,4	21 561,7	22 242,4	22 797,3	23 402,9	23 844,0	24 215,5	24 816,4
Среднегодовой процент роста за годы	2016/1995	2016/2000			2016/2005		2016/2010		2016/2015		
Рост, %	3,03	3,02			2,8		2,03		2,50		

Прогноз производства электроэнергии за период 2016–2030 по трём сценариям

табл. 2

Период	2016–2020 годы		2021–2025 годы		2026–2030 годы	
Сценарий	Среднегод. темп роста, %	Произ-во электроэнергии в 2020 году, ТВт·ч	Среднегод. темп роста, %	Произ-во электроэнергии в 2025 году, ТВт·ч	Среднегод. темп роста, %	Произ-во электроэнергии в 2030 году, ТВт·ч
Маловероятный	3,0	27 931	2,8	31 193	2,5	34 431
Возможный	2,5	27 393	2,3	30 001	2,1	32 602
Вероятный	2,0	26 862	1,8	28 849	1,6	30 740

:: Прогноз развития возобновляемой энергетики

табл. 3

Вид электростанции	2016 год (факт)			2020 год (прогноз)			
	Мощность, ГВт	КИУМ	Произ-во электро-энергии, ТВт-ч	Среднегод. темп роста мощности, %	Мощность, ГВт	КИУМ	Произ-во электро-энергии, ТВт-ч
Ветроэлектростанции (ВЭС)	487	0,300	1280	9,65	704	0,32	1962
Фотоэлектрические станции (ФЭС)	303	0,165	437	19,20	633	0,17	942
Электростанции на биомассе (БиоЭС)	112	0,750	736	4,60	134	0,76	892
Геотермальные станции (ГеоЭС)	13,5	0,790	93	2,50	15,3	0,80	107
Итого	915,5		2546		1483,3		3903

:: Прогноз производства электроэнергии на базе ВИЭ до 2030 года

табл. 4

Годы	2020	2025				2030			
Вид электростанции	Установл. мощность, ГВт	Средне-год. темп роста, %	Установл. мощность, ГВт	КИУМ	Произ-во электроэнергии, ТВт-ч	Средне-год. темп роста, %	Установл. мощность, ГВт	КИУМ	Произ-во электроэнергии, ТВт-ч
Ветроэлектростанции (ВЭС)	704	8,0	1026	0,32	2882	0,6	1376	0,33	3977
Фотоэлектрические станции (ФЭС)	633	15,0	1273	0,18	2007	10,0	2050	0,19	3412
Электростанции на биомассе (БиоЭС)	134	4,0	163	0,78	1114	3,0	189	0,79	1308
Геотермальные станции (ГеоЭС)	15,3	3,0	17,7	0,82	127	2,0	19,6	0,83	142
Итого	1482,3		2481,7		6130		3637,6		8839

При таком подходе определялась установленная мощность на базе различных ВИЭ в 2020 году и затем вычислялся среднегодовой темп роста установленной мощности: ВЭС — 9,5%; ФЭС — 20,22%; ГеоЭС — 3,18%; БиоЭС — 4,6%.

Данные принятые существенно сниженные темпы роста свидетельствуют о достаточно взвешенном подходе к определению доли ВИЭ в общем производстве электроэнергии. А также учитывается неизбежное снижение темпов при увеличении любого вида продукции после достижения определённого объёма. Указанные выше данные были приняты за основу для прогноза темпов роста на периоды 2021–2025 и 2026–2030 годов с соответствующим снижением (табл. 3 и 4).

Для определения производства электроэнергии на базе возобновляемых источников энергии предложено использовать формулу: $E = N \cdot KИУМ \cdot T$, где N — установленная мощность; T — число

часов в году; $KИУМ$ — коэффициент использования установленной мощности.

Корректность вычисления зависит от правильного определения КИУМ для различных видов электростанций в настоящее время и его изменения на прогнозируемый период.

В работе [5] приводятся средневзвешенные значения коэффициента использования установленной мощности по видам ВИЭ для девяти континентов мира и трёх стран: Китай, Индия и США. В работе [6] приводятся данные по установленной мощности по видам ВИЭ для континентов и указанных стран. Это даёт возможность рассчитать по состоянию на 2016 год средневзвешенных КИУМ по видам ВИЭ в мире.

По факту за 2016 год средневзвешенный КИУМ по видам ВИЭ составил: ВЭС — 0,3; ФЭС — 0,165; БиоЭС — 0,75; ГеоЭС — 0,79. Результаты расчётов представлены в табл. 3 и 4.

Доля ВИЭ по «возможному» сценарию прогноза общего производства электроэнергии по годам составит: 2020-й — 14,2%; 2025-й — 20,4%; 2030-й — 27,4%.

К сожалению, многие международные организации предпочитают давать пессимистические прогнозы развития возобновляемой энергетики. В частности, по прогнозу IEA-2011 года по трём сценариям в 2020 году доля ВИЭ в производстве электроэнергии составила 7,2–8,4–10,1%. Однако рубеж в 10% был достигнут в 2016 году. Автор в работе [7] обратил внимание международной общественности на необходимость создания системы согласованной статистики по установленной мощности и производству электроэнергии.

Учёт существующих и прогнозируемых темпов развития возобновляемой энергетики мира при разработке долгосрочных планов и стратегий развития экономики России представляется совершенно необходимым. ●



1. Нефтегазовый вестник [Электр. ресурс]. Вып. за: 17.11.2017. Национальная Ассоциация нефтегазового сервиса. Режим доступа: nangs.org/news/technologies.
2. Нефтегазовый вестник [Электр. ресурс]. Вып. за: 10.11.2017. Национальная Ассоциация нефтегазового сервиса. Режим доступа: nangs.org/news/technologies.
3. Нефтегазовый вестник [Электр. ресурс]. Вып. за: 04.04.2018. Национальная Ассоциация нефтегазового сервиса. Режим доступа: nangs.org/news/technologies.
4. Schellekens G., Battaglini A., Lilliestam J., McDonnell J. & Patt A. 100% renewable electricity: A roadmap to 2050 for Europe and North Africa. April, 2010. PricewaterhouseCoopers. London, UK.
5. Renewable 2017: Global Status Report. IRENA. REN21 Secretariat. Paris, 2017.
6. Renewable Capacity Statistics 2017. IRENA. Abu Dhabi, 2017.
7. Bezrukikh P.P. On some issues of assessing the efficiency of renewable energy power plants and the share of renewables in the world's electricity generation. Journal of Electrical Engineering. 2018. No. 6. Pp. 85–89. David Publishing Co., USA.

References — see p. 95.

The forecast for the development of renewable energy in the world up to 2030. Pp. 92–94.

P.P. Bezrukikh, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory for Economic Evaluation of the Branch for Prospects for the Development of the Electric Power Industry, "G.M. Krzhizhanovsky Power Engineering Institute", JSC

-
1. Oil and Gas Bulletin. Issue: November 17, 2017. National Association of Oil and Gas Service. Web-source: nangs.org/news/technologies.
 2. Oil and Gas Bulletin. Issue: November 10, 2017. National Association of Oil and Gas Service. Web-source: nangs.org/news/technologies.
 3. Oil and Gas Bulletin. Issue: April 04, 2018. National Association of Oil and Gas Service. Web-source: nangs.org/news/technologies.
 4. Schellekens G., Battaglini A., Lilliestam J., McDonnell J. & Patt A. 100% renewable electricity: A roadmap to 2050 for Europe and North Africa. April, 2010. PricewaterhouseCoopers. London, UK.
 5. Renewable 2017: Global Status Report. IRENA. REN21 Secretariat. Paris, 2017.
 6. Renewable Capacity Statistics 2017. IRENA. Abu Dhabi, 2017.
 7. Bezrukikh P.P. On some issues of assessing the efficiency of renewable energy power plants and the share of renewables in the world's electricity generation. Journal of Electrical Engineering. 2018. No. 6. Pp. 85–89. David Publishing Co., USA.