

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ МИРА

П.П. Безруких, зав. отд. Энергетического института им. Г.М. Кржижановского (ОАО «ЭНИН»), д-р техн. наук

В статье проведен анализ темпов развития отдельных отраслей возобновляемой энергетики в мире за период 2004–2014 годы, оценена вероятность реализации программы «Wind Force-10», определена ее доля в общем производстве электроэнергии в мире, предложен сценарий развития возобновляемой энергетики на период до 2020 г.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, ветровые, геотермальные, солнечные и гидравлические электростанции, биоэнергетика, темпы роста, сценарии развития, доля ВИЭ.

ANALYSIS OF WORLD PROSPECTS OF RENEWABLE ENERGY

P.P. Bezrukikh, Head of Department, G.M. Krzyzanowski Energy Institute (OJSC «ANIN»), Ph.D. of Engineering

The article analyzes the pace of development of individual sectors of renewable energy in the world for the period 2004–2014, the estimated probability of realization of the program «Wind Force-10», defined by its share in the total electricity production in the world, provided a scenario of renewable energy up to 2020.

Keywords: renewable energy, wind, geothermal, solar and hydroelectric power, bioenergy, the pace of growth scenarios, the share of renewable energy.

В более чем 160 странах мира решениями парламентов или правительств утверждены конкретные цели по вводу мощности на базе возобновляемых источников энергии.

Темпы развития фотоэлектрических станций в мире, как показано ниже, поразительны, даже в России заметно оживление в этой области. Успехи в других областях у нас более, чем скромные. Автор выражает уверенность в том, что чем более широкий круг представителей различных сообществ будет осведомлен о достижениях возобновляемой энергетики, тем вероятнее формирование активной государственной политики в России в области возобновляемой энергетики.

Существующее состояние использования ВИЭ в мире

Численные и динамические характеристики возобновляемой энергетики мира за период 2004–2014 гг. представлены в табл. 1.

Проведем краткий анализ данных, приведенных в табл. 1.

Среднегодовой прирост за период определяется по известной формуле:

$$a_n = a_0(1+k)^n,$$

где a_n – значение величины в конце периода; a_0 – значение величины в начале периода; n – количество лет; k – темп роста, безразмерная величина, для перевода в проценты умножаемая на 100.

Основной вклад в общую величину установленной мощности электростанций на базе ВИЭ (657 ГВт) вносят три вида электростанций: ВЭС – 370 ГВт, ФЭС – 177 ГВт и БиоЭС – 93 ГВт.

Таблица 1

Динамика показателей возобновляемой энергетики мира [1]

Показатель	Значение показателя по годам			Среднегодовой прирост за период 2004–2014 гг.*	Прирост в 2014 году к 2013 году, %*
	2004	2013	2014		
Новые годовые инвестиции, млрд дол. США	45	232	270	19,62	16,37
Мощность на базе ВИЭ (без ГЭС), ГВт	85	560	657	22,7	17,32
Мощность на базе ВИЭ (с ГЭС), ГВт	800	1578	1712	7,9	8,49
Мощность гидроэлектростанций (ГЭС), ГВт	715	1018	1055	3,97	3,63
Мощность БиоЭС на базе биомассы, ГВт	<36	88	93	9,95	5,68
Производство электроэнергии на базе биомассы, ТВтч	227	396	433	6,67	9,34
Мощность геотермальных электростанций, ГВт	8,9	12,1	12,8	3,7	5,78
Мощность фотоэлектрических электростанций, ГВт	2,6	138	177	52,5	28,26
Мощность солнечных тепловых электростанций, ГВт	0,4	3,4	4,4	27,1	29,41
Мощность ветроэлектрических станций, ГВт	48	319	370	22,65	15,99
Мощность солнечных водонагревательных систем, ГВт (тепл.)	86	373	406	16,79	8,85
Годовое производство этанола, млрд литров	28,5	87,8	94	12,67	7,06
Годовое производство биодизеля, млрд литров	2,4	26,3	29,7	28,6	12,93
Количество стран, с установленными целями по ВИЭ	48	144	164	13,07	13,89

* Расчеты автора

Столбец прироста за период 2004–2014 гг. характеризует средний прирост показателя к предыдущему году. В действительности годовые темпы роста отличаются от среднего, однако средний темп дает общее представление за период. Безусловным лидером по темпам является установленная мощность фотоэлектрических станций (ФЭС) – 52,5%. Достаточно неожиданно после десятилетнего «затишья» начали развиваться солнечные тепловые электростанции башенного типа и с параболическими концентраторами, в результате темп роста мощности этих станций составил 27,1%. Это понятно, если принять во внимание довольно низкую стартовую величину – 0,4 ГВт.

Темпы роста мощности ВЭС (22,65%) в значительной мере определяет темп роста электростанций на базе ВИЭ (22,7%).

С достаточно высоким темпом (16,79%) росла мощность водонагревательных систем в основном на базе солнечных коллекторов различного типа.

Последний столбец табл. 1, характеризующий темпы роста в 2014 г. к 2013 г., отражает тот бесспорный факт, что по мере увеличения объема любого вида продукции темпы роста с какого-то момента начинают падать, хотя абсолютная величина прироста продолжает расти. За небольшим исключением темпы роста в 2014 г. существенно снизились. Но именно эти данные должны лечь в основу прогнозов на 2020 годы.

Однако следует иметь в виду, что в текущем 2015 г. и последующие годы на темпы роста возобновляемой энергетики начинают оказывать существенное влияние много разнонаправленных факторов, поэтому автор считает, что в 2015 г. должен наступить «момент истины», т.е. подтвердить или опровергнуть темпы роста 2014 г., а значит и прогнозы как сторонников, к которым относится автор статьи, так и противников развития возобновляемой энергетики.

В пользу оптимистических прогнозов говорят в частности данные табл. 2, в которой указаны пять первых стран по различным показателям использования ВИЭ. Спектр стран достаточно широк: страны северные и южные, богатые и бедные, развитые и развивающиеся. Но неизменно присутствуют страны, определяющие мировую экономику: Китай, США, Индия, Германия, Япония, Бразилия. Табл. 2 – единственная таблица по ВИЭ в международных обзорах, где упоминается Россия.

В целом, в мире доля различных источников при производстве электроэнергии на конец 2014 г. выглядит следующим образом: ископаемое (истощаемое) топливо – 67%, атом – 10,2%, возобновляемые источники – 22,8%, в том числе: ГЭС – 16,6%; ветер, солнце, биомасса, ГеоЭС и прочие ВИЭ – 6,2%. Среди «новых» (т.е. без ГЭС) ВИЭ лидирует ветер – 3,1%. Прирост доли ВИЭ в энергобалансе фактически зависит от трех технологий: ветроэнергетика, фотоэнергетика и использование биомассы.

С другой стороны, развитие ветроэнергетики, фотоэнергетики и использование биомассы, в основном, определяется семью странами мира, в которых мощность всех электростанций на базе ВИЭ на конец 2014 года составила: Китай (153 ГВт), США (105 ГВт), Германия (86 ГВт), Италия (32 ГВт), Испания (32 ГВт), Япония (31 ГВт), Индия (31 ГВт). Доля указанных стран в общей установленной мощности (657 ГВт) составляет 71,5% или 470 ГВт.

О прогнозе развития ветроэнергетики мира

Целью программы «Wind Force – 10» является достижение производства электроэнергии на ВЭС в объеме 10% от общего производства. Программу в 1997 г. разработали Европейская ветроэнергетическая ассоциация (EWEA), форум по энергетике и развитию Дании (Forum for Energy and Development) и международная организация Гринпис (Greenpeace International). Поставленная задача повлекла необходимость для авторов Программы разработки прогноза общего производства электроэнергии в мире по годам и на 2020 год (27351 ТВт·ч), годового производства на ВЭС (2966,6 ТВт·ч) и установленной мощности (1209,5 ГВт).

Международное Энергетическое Агентство в 2011 г. опубликовало прогнозы в форме 3-х сценариев, по которым общее производство электроэнергии должно составить в 2020 г.: по первому сценарию – 27881 ТВт·ч, по второму – 28569 ТВт·ч и по третьему – 26535 ТВт·ч. Как видим, данные первого сценария практически совпали с прогнозом программы «Wind Force – 10». В сценариях МЭА доля ВИЭ составила соответственно 8,4% – 7,2% – 10,1% от общего производства электроэнергии в мире в 2020 г.

По данным статистики МЭА (IEA) производство электроэнергии в мире увеличилось с 18138,3 ТВт·ч в 2005 г. до 23300 ТВт·ч в 2013 г. Это означает, что среднегодовой прирост производства электроэнергии равняется 3,2% к предыдущему году.

Рассмотрим также 3 сценария роста производства электроэнергии на базе ВИЭ исходя из трех значений среднегодового прироста: а) 3,0%, б) 2,6%, в) 2,0%. Средний процент роста за период 2005–2013 гг. составил, как сказано выше, 3,2%, по сценарию «а» принят темп сни-

женный на 0,2%, по сценарию «б» взят темп, равный фактическому приросту производства электроэнергии в 2013 г. по отношению к 2012 г. и прирост по сценарию «в» взят из соображений дальнейшего снижения темпов за счет реализации энергосберегающих мероприятий. Тогда производство электроэнергии в мире в 2020 г. достигнет: по сценарию «а» – 28656 ТВт·ч, по сценарию «б» – 27886 ТВт·ч и по сценарию «в» – 26764 ТВт·ч.

Таблица 2

Пять первых стран по установленной мощности и производству электроэнергии и тепла на базе ВИЭ на конец 2014 г. [1]

	1	2	3	4	5
Электричество					
Установленная мощность электростанций на базе ВИЭ (включая ГЭС)	Китай	США	Бразилия	Германия	Канада
Установленная мощность электростанций на базе ВИЭ (без ГЭС)	Китай	США	Германия	Испания/Италия	Япония Индия
Установленная мощность на человека (среди первых 20 стран, без ГЭС)	Дания	Германия	Швеция	Испания	Португалия
Производство электроэнергии на биомассе	США	Германия	Китай	Бразилия	Япония
Мощность геотермальных электростанций	США	Филиппины	Индонезия	Мексика	Новая Зеландия
Мощность ГЭС	Китай	Бразилия	США	Канада	Россия
Производство электроэнергии на ГЭС	Китай	Бразилия	Канада	США	Россия
Солнечные тепловые электростанции с концентраторами	Испания	США	Индия	Объед. Арабские Эмираты	Алжир
Мощность фотоэлектрических станций	Германия	Китай	Япония	Италия	США
Мощность ФЭС на человека	Германия	Италия	Бельгия	Греция	Чешская Республика
Мощность ветроэлектрических станций (ВЭС)	Китай	США	Германия	Испания	Индия
Мощность ВЭС на человека	Дания	Швеция	Германия	Испания	Ирландия
Тепло					
Мощность солнечных водонагревательных коллекторов	Китай	США	Германия	Турция	Бразилия
Мощность солнечных водонагревательных коллекторов на человека	Кипр	Австрия	Израиль	Барбадос	Греция
Мощность геотермальных тепловых станций	Китай	Турция	Япония	Исландия	Индия
Мощность геотермальных тепловых станций на человека	Исландия	Новая Зеландия	Венгрия	Турция	Япония

Как видим, эти показатели производства электроэнергии также близки к значениям, полученным в сценариях МЭА.

Для определения доли ВИЭ, в том числе и энергии ветра, в общем производстве электроэнергии в мире, были проведены расчеты, результаты которых представлены в табл. 3.

На момент составления нашего прогноза международное энергетическое агентство опубликовало данные по установленной мощности электростанций на базе основных видов ВИЭ, в том числе и ГЭС в 2004–2014 гг. Однако в нашу задачу входило составление прогноза по электростанциям, на базе ветра, солнца, геотермальной энергии и биомассы (без ГЭС).

Прогноз на 2015 г. составлялся на базе темпов развития в 2014 г. по отношению к 2013 г. с небольшой коррекцией в сторону уменьшения темпов.

Прогноз на 2020 г. составлен с учетом темпов развития использования каждого вида ВИЭ для трех вариантов: медленного развития, развития как обычно и ускоренного развития.

Таблица 3

Результаты расчета прогноза развития возобновляемой энергетики мира до 2020 г. (без ГЭС)

Вид электростанций	2010 г. (факт)			2015 г.			2020 г.				
	Мощность, ГВт	К _{ИУМ*}	Производство электроэнергии, ТВт·ч	К _{Год} , % 2014/2013	Мощность, ГВт	К _{ИУМ*}	Производство электроэнергии, ТВт·ч	К _{СР-Год} , % 2020/2015	Мощность, ГВт	К _{ИУМ*}	Производство электроэнергии, ТВт·ч
Ветростанции (ВЭС)	198	0,197	341	16,0	429	0,25	939	10	690	0,25	1511
								13	790		1730
								15	863		1890
Фотоэлектрические станции (ФЭС)	40	0,12	42	30,0	230	0,12	242	15	462	0,13	526
								20	572		651
								25	702		799
Солнечные тепловые электростанции (CSP)	1,1	0,15	1,4	20	5	0,15	6,5	10	8	0,15	10,5
								12	8,8		11,5
								15	10		13
Электростанции на биомассе (БиоЭС)	64,9	0,55	313	6	98	0,53	456	3	113	0,53	524
								5	125		580
								10	158		733
Геотермальные электростанции (ГеоЭС)	11	0,75	72,3	6	13,5	0,75	88,5	3	16	0,75	105
								5	17		112
								10	22		144
Итого	315		769,7		775,5		1728		1289		2676
									1513		3084
									1755		3579

* К_{ИУМ} – коэффициент использования установленной мощности

Определение доли ВИЭ при трех вариантах прогнозов развития производства электроэнергии всеми электростанциями и трех вариантах производства электроэнергии электростанциями на базе ВИЭ может быть превращается в многовариантную задачу.

В первом приближении проведем оценку доли производства электроэнергии на базе ВИЭ по средним значениям. Среднее значение производства электроэнергии в мире по трем вариантам равно 27768 ТВт·ч. Среднее значение производства электроэнергии на базе ВИЭ по трем вариантам равно 3113 ТВт·ч. Следовательно, с большой вероятностью доля ВИЭ в производстве электроэнергии (без ГЭС) составит 11,2%.

Максимальная доля ВИЭ соответствует наибольшему значению производства на базе ВИЭ (3579 ТВт·ч) и наименьшему значению общего производства электроэнергии (26764 ТВт·ч) и равна 13,4%.

Минимальная доля ВИЭ соответствует обратному соотношению соответственно 2676 ТВт·ч и 28656 ТВт·ч и равна 9,3%.

Доля ветра в общем производстве электроэнергии составит: минимальная – 5,3%, средняя – 6,1%, максимальная – 7%.

Выводы

1. Отдельные отрасли возобновляемой энергетики мира (фотоэнергетика и возобновляемая энергетика) развиваются темпами, превышающими темпы роста производства электроэнергии всеми электростанциями и темпы развития мировой экономики в 5–10 и более раз.

2. Установленная мощность электростанций на базе ВИЭ на конец 2014 г. достигла 657 ГВт, что составляет около 11% от общей установленной мощности порядка 5800 ГВт, а доля производства электроэнергии на базе ВИЭ составила в 2014 г. порядка 3,7%.

3. По прогнозу, составленному автором, в 2020 г. доля возобновляемой энергетики в общем производстве электроэнергии в мире увеличится до 9–13%, в том числе ветроэнергетики до 5–7%.

4. Опыт развития возобновляемой энергетики в зарубежных странах различного уровня развития, географического положения и социального устройства свидетельствует о необходимости на первых этапах развития целенаправленной государственной поддержки на законодательном, финансовом, программно-организационном уровне.

Список литературы

1. REN21. Renewable Energy Policy Network or the 21-st Century. Renewables. Global Status Report. 2004–2015.

2. Безруких П.П., Безруких П.П. (мл), Грибков С.В. Ветроэнергетика: Справочно-методическое издание / под общей ред. П.П. Безруких. М.: «ИнтехэнергоИздат», «Теплоэнергетик», 2014, 304 с.

3. Елистратов В.В. и др. Климатические факторы возобновляемых источников энергии / под ред. В.В. Елистратова, Н.В. Кобышевой и Г.И. Сидоренко. СПб: Наука, 2010. 235 с.

4. Безруких П.П., Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. 264 с.

References

1. REN21. Renewable Energy Policy Network or the 21-st Century. Renewables. Global Status Report. 2004–2015.

2. Bezrukikh P.P., Bezrukikh P.P. (Jr), Gribkov S.V. (2014) *Vetroenergetika: Spravochno-metodicheskoe izdanie, pod obshchey red. P.P. Bezrukikh* [Wind power: publication of guidance, under the general ed. P.P. Bezrukikh]. «IntekhenergoIzdat», «Teploenergetik» [IntehenergoIzdat, «Thermal Engineering»]. Moscow, 304 p.

3. Elistratov V.V. i dr. (2010) *Klimaticheskie faktory vozobnovlyaemykh istochnikov energii. Pod red. V.V. Elistratova, N.V. Kobyshevoy i G.I. Sidorenko* [Yelistratov V.V., et al. Climatic factors of renewables. ed. V.V. Elistratova, N.V. Kobysheva and G.I. Sidorenko]. *Nauka* [Nauka]. St. Petersburg, 235 p.

4. Bezrukikh P.P., Strebkov D.S. (2005) *Vozobnovlyaemaya energetika: strategiya, resursy, tekhnologii* [Renewable energy: the strategy, resources and technology]. *GNU VIESKh* [GNU VIESH]. Moscow, 264 p.