

# К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ВИЭ

Доктор технических наук, профессор Г.И. СИДОРЕНКО,  
старший преподаватель П.Ю. МИХЕЕВ  
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

**В** настоящее время многие страны мира начинают всё более активно переходить к ресурсосберегающему пути развития. В последние годы структура производства энергии в мире меняется в сторону снижения доли невозобновляемой энергетики и увеличения доли ВИЭ. Так в 2010 г. основная доля произведённой в мире энергии (80,6%) приходилась на объекты невозобновляемой энергетики, вклад ВИЭ в мировом производстве энергии составлял 19,4%.<sup>1</sup> В 2016 г. доля объектов невозобновляемой энергетики сократилась до 75,5%, в то время как доля ВИЭ выросла до 24,5%.<sup>2</sup> Из анализа данных об установленных мощностях энергообъектов на основе ВИЭ в мире в 2016 г. (табл. 1) следует, что наиболее динамично развивающимися отраслями ВИЭ являются солнечная и ветровая энергетика. На рисунках 1 и 2 показана динамика роста установленных мощностей солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) и ветроэлектрических станций (ВЭС) в мире с 2006 по 2016 гг. Из них видно, что общая установленная мощность СФЭС с 2006 по 2016 гг. выросла более чем в 50 раз (с 6 ГВт до 303 ГВт), а ВЭС – более чем в 6 раз, (с 74 ГВт до 487 ГВт соответственно). Общая установленная мощность энергетических объектов на основе ВИЭ в России в 2016 г. составила 53,5 ГВт (порядка 20% от общей установленной мощности).<sup>3</sup> При этом практически вся установленная мощность (51,5 ГВт) приходилась на гидроэнергетику, 1,35 ГВт – на БиоТЭС, и лишь 460 МВт и 111 МВт –

на солнечные и ветровые электростанции, соответственно.

Традиционно выделяют следующие причины, способствующие развитию ВИЭ: более равномерное распределение по территории планеты и как следствие их большая доступность; практически полное отсутствие выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду в процессе эксплуатации (не для всех видов ВИЭ); исчерпаемость ископаемых ресурсов и неограниченность ресурсов для некоторых видов ВИЭ (ветер и солнце); существенное усовершенствование технологий производства энергии (в особенности для солнечной и ветровой энергетики). Развитию ВИЭ также способствует то, что в настоящее

Таблица 1  
Установленные мощности  
энергообъектов на основе ВИЭ  
в мире, ГВт

Наименование энергообъекта	Рост установленной мощности в 2016 г.	Суммарная установленная мощность в 2016 г.
БиоТЭС	5.9	112
ГеоЭС	0.4	13.5
ГЭС	25	1096
СФЭС	75	303
СТЭС	0.1	4.8
ВЭС	55	487

Примечание. В таблице используются следующие сокращённые наименования энергообъектов: БиоТЭС – биотепловая электростанция; ГеоЭС – геотермальная электростанция; ГЭС – гидроэлектростанция; СФЭС – солнечная фотоэлектрическая станция; СТЭС – солнечная тепловая электростанция; ВЭС – ветровая электростанция.

<sup>1</sup>Renewable global status report 2011. Renewable Energy Policy Network for the 21 century. 2011. 116 p.: <http://www.ren21.net>.

<sup>2</sup>Renewable global status report 2017. Renewable Energy Policy Network for the 21 century. 2017. 302 p.: <http://www.ren21.net>.

<sup>3</sup>Renewable energy prospects for the Russian Federation. International Renewable Energy Agency. 2017. 92 p.: <http://www.irena.org>.



**Рис. 1.**  
Динамика роста установленных мощностей СФЭС в мире с 2006 по 2016 г.

**Рис. 2.**  
Динамика роста установленных мощностей ВЭС в мире с 2006 по 2016 г.



время более чем в 50-ти странах мира приняты (в России частично) и действуют законы и меры государственного регулирования для поддержки возобновляемой энергетики. Кроме того, немаловажным фактором развития ВИЭ является снижение капитальных вложений в строительство энергообъектов на их основе.<sup>4</sup> В табл. 2 приведены значения удельных капитальных вложений на строительство энергообъектов на основе ВИЭ в мире с 2010 по 2016 г. (при анализе представленных данных следует принимать во внимание, что значения капитальных вложений приведены для энергообъектов, отличающихся по параметрам и условиям строительства).

Из табл. 2 видно, что наиболее значительное снижение удельных капитальных вложений в строительство приходится на такие энергообъекты, как ВЭС и СФЭС. Необходимо отметить, что с 2010 по 2016 г. для ВЭС и СФЭС также значительно снизился разброс значений удельных капитальных вложений на строительство. Для таких энерго-

объектов на основе ВИЭ, как ГЭС, МГЭС, ГеоЭС и БиоТЭС, значения капитальных вложений снизились, но незначительно.

Наряду с этим в последние годы также наблюдается тенденция снижения эксплуатационных (текущих) затрат и приведённой стоимости электроэнергии (Levelized Cost of Energy – LCOE). В табл. 3 приведены значения капитальных вложений, эксплуатационных затрат и приведённой стоимости электроэнергии для различных типов энергообъектов<sup>5</sup>. Из таблицы видно, что в настоящее время энергообъекты на

<sup>4</sup> Сидоренко Г.И., Михеев П.Ю. Анализ изменения значений капитальных вложений на строительство энергетических объектов на основе возобновляемых источников энергии / Г.И. Сидоренко, П.Ю. Михеев // Энергетик. 2017. № 8. С. 50–56; Безруких П.П. Эффективность возобновляемой энергетики, мифы и факты / П.П. Безруких // Вестник аграрной науки Дона. 2015. № 1. С. 5–17.

<sup>5</sup> При анализе данных следует принимать во внимание, что они приведены для энергообъектов, различающихся по параметрам и условиям эксплуатации, прим. авт.

Таблица 2

**Удельные капитальные вложения в строительство энергообъектов на основе ВИЭ в мире с 2010 по 2016 гг.**

Наименование энергообъекта	Удельные капитальные вложения, долл./кВт				Изменение значений, %
	2010	2013	2014	2016	
ГЭС	1800–4000	1800–4000	1800–4000	1700–3900	5.5–2.5
МГЭС	2200–4500	2000–4000	2100–4200	2000–4000	9.0–11.1
Наземные ВЭС	1330–3060	1340–2330	1280–2290	1250–1900	6.4–37.9
Морские ВЭС	3700–5600	2700–6530	2700–5070	2600–4500	29.7–19.6
ГеоЭС	1900–5100	1900–5100	1850–5100	1800–5000	5.2–2.0
СФЭС (наземные установки)	3700–7060	1690–4250	1570–4370	1500–2700	59.4–61.7
БиоТЭС	2500–5500	2200–5000	2000–4600	2000–4400	20.0–20.0

основе ВИЭ при определённых условиях являются экономически вполне конкурентоспособными. Необходимо отметить, что значения экономических показателей, приведённых в табл. 2 и 3 в разных информационных источниках, могут различаться, однако тенденции изменения их значений для энергообъектов на основе ВИЭ (в особенности для ВЭС и СФЭС) при этом сохраняются.

Причины такого интенсивного развития ВИЭ, в особенности ветровой и солнечной энергетики, заключаются ещё и в том, что в мире изменился подход к оценке эффективности энергетических объектов в сторону многокритериальности, наметилась тенденция на децентрализацию систем энергоснабжения и на развитие региональной энергетики, в особенности на основе ВИЭ.

В настоящее время в зарубежной практике наряду с экономическими показателями для оценки эффективности энергообъектов используют энергетические и экологические показатели. В качестве энергетических показателей принимаются: срок энергетической окупаемости (Energy payback time (EPBT)) и коэффициент энергетической эффективности (Energy return on investment (EROI)).<sup>6</sup>

Срок энергетической окупаемости показывает время, в течение которого рас-

считываемый энергообъект произведённой энергией компенсирует затраты энергии на его создание, эксплуатацию и снятие с эксплуатации. Коэффициент энергетической эффективности представляет собой отношение произведённой энергии на этапе эксплуатации к затраченной энергии в течение жизненного цикла энергообъекта, который состоит из трёх основных этапов: строительство, эксплуатация и снятие с эксплуатации.

В качестве основных экологических показателей принимаются:<sup>7</sup> потенциал глобального потепления (Global warming potential (GWP)); потенциал окисления (Acidification potential (AP)); и потенциал эвтрофикации (Eutrophication potential (EP)).

**Потенциал глобального потепления** – показатель, определяющий степень воздействия различных парниковых газов на глобальное потепление; **потенциал окисления** – показатель, характеризующий воздействие на окружающую среду выбросов загрязняющих веществ, способных образовывать кислоты; **потенциал эвтрофикации** – показатель, характеризующий ухудшение качества воды в результате накопления в воде биогенных элементов.

Значения данных показателей определяются на основе следующих загрязняющих веществ: потенциал глобального поте-

<sup>6</sup>Сидоренко Г.И., Михеев П.Ю. Оценка энергетической эффективности жизненных циклов энергетических объектов на основе ВИЭ / Г.И. Сидоренко, П.Ю. Михеев // *Альтернативная энергетика и экология (ISIAEE)*. 2017. № 1–3. С. 101–110.

<sup>7</sup>Сидоренко Г.И., Михеев П.Ю. Оценка экологической эффективности жизненных циклов энергетических объектов на основе ВИЭ / Г.И. Сидоренко, П.Ю. Михеев // *Экология и промышленность России*. 2017. № 5. С. 44–49.

Таблица 3

## Значения экономических показателей для различных типов энергообъектов

(По данным World Energy Perspective. Cost of Energy Technologies. World5Energy Council. – 2013. – 48 p.: <http://www.worldenergy.org>.)

Наименование энергообъекта	Капитальные вложения, долл./кВт	Эксплуатационные расходы, долл./кВт в год	Приведённая стоимость электроэнергии (LCOE), долл./кВт · ч
Возобновляемые источники энергии			
Наземные ВЭС	1250–1940	10.7–33.9	0.047–0.136
СФЭС	1450–2660	14.75–50.0	0.079–0.239
СТЭС (с концентраторами)	3080–7670	44.0–63.3	0.123–0.49
БиоТЭС (биомасса)	2000–5400	90.0–200.0	0.05–0.20
ГеоЭС (бинарного цикла)	2000–6070	95.7–213.7	0.089–0.276
МГЭС	1400–3680	15.0–85.0	0.019–0.314 0.024–0.302
ГЭС	1590–4150	20.0–62.0	302
Невозобновляемые источники энергии			
ТЭС (на угле)	2270–3700	29.7–72.8	0.077–0.172
ТЭС (на газе)	900–1510	10.9–58.0	0.061–0.148
АЭС	3570–6520	56.0–122.9	0.091–0.147

Примечание. В таблице используются следующие сокращённые наименования энергообъектов: МГЭС – малая гидроэлектростанция; ТЭС – тепловая электростанция; АЭС – атомная электростанция.

Таблица 4

## Экологические показатели и типы загрязняющих веществ

(по данным Сидоренко Г.И., Михеев П.Ю. Оценка экологической эффективности жизненных циклов энергетических объектов на основе ВИЭ. / Г.И. Сидоренко, П.Ю. Михеев // Экология и промышленность России. 2017, № 5, С. 44–49).

Экологический показатель	Тип загрязняющего вещества	Удельный вес, ед.	Единица измерения
Потенциал глобального потепления (англ. Global warming potential, <b>GWP</b> )	CO <sub>2</sub>	1	кгCO <sub>2</sub> экв
	CO	3	
	CH <sub>4</sub>	25	
Потенциал окисления (англ. Acidification potential, <b>AP</b> )	SO <sub>2</sub>	1	кгSO <sub>2</sub> экв
	NO <sub>x</sub>	0.7	
	HCl	0.9	
Потенциал эвтрофикации (англ. Eutrophication potential, <b>EP</b> )	PO <sub>4</sub>	0.13	кгPO <sub>4</sub> экв
	NH <sub>3</sub>	0.33	
	NO <sub>x</sub>	0.08	

Потенциал эвтрофикации рассчитывается на основе CO, CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> и измеряется в кгCO<sub>2</sub>экв; потенциал окисления – SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и HCl и измеряется в кгSO<sub>2</sub>экв; потенциал эвтрофикации – PO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> и NO<sub>x</sub> и измеряется в кгPO<sub>4</sub>экв. Каждый из типов загрязняющих веществ имеет свой удельный вес (табл. 4).

Результаты многочисленных исследова-

ний показывают: **энергообъекты на основе возобновляемых источников энергии**, в особенности СФЭС и ВЭС, как правило, **энергетически и экологически эффективнее**, чем объекты невозобновляемой энергетики. В табл. 5 приведены данные о выбросах гCO<sub>2</sub>экв на кВт·ч произведённой энергии и значения сроков энерге-

Выбросы  $\text{гCO}_2\text{экв}$  на 1 кВт · ч произведённой энергии и сроки энергетической окупаемости энергообъектов

Наименование энергообъекта		Выбросы $\text{гCO}_2\text{экв}$ на 1 кВт · ч	Срок энергетической окупаемости, лет
Возобновляемые источники энергии			
ГЭС	Крупные	3.5–19.0	н.д.
	Малые	11.0–23.0	2.0–6.5
СФЭС	Тонкоплёночные (CIS)	15.0–22.0	1.4–1.8
	Мультикристаллический кремний (mc-Si)	23.0–33.0	2.4–3.0
	Аморфный кремний (a-Si)	25.0–36.0	3.5–4.0
ВЭС	Наземные	6.9–18.0	0.6–0.9
	Морские	5.0–13.1	н.д.
БиоТЭС		15.1–49.0	5.0–7.5
Невозобновляемые источники энергии			
ТЭС	На угле	757.0–1085.0	2.5–5.1
	На газе	398.0–499.0	1.9–2.3
АЭС		30.0–40.0	н.д.

Примечание. н.д. – нет данных.

тической окупаемости энергообъектов<sup>8</sup>. Причём энергетическая эффективность энергообъектов на основе ВИЭ (особенно ветровой и солнечной энергетики) за последние 5–10 лет значительно повысилась.

В табл. 6–8 приведены оценки сроков энергетической окупаемости, полученные разными авторами для наземных ВЭС и СФЭС различного типа и ГЭС разной мощности.<sup>9</sup> Из них следует, что срок энергетической окупаемости наземных ВЭС составляет от 6.6 до 8.5 месяцев. СФЭС 2.5–3.8 года и МГЭС 1.28–2.71 года, соответственно. Снижение сроков энергетической окупаемости энергообъектов на основе ВИЭ связано с тем, что в мире за последние 15–20 лет произошло существенное развитие и усовершенствование техно-

логий производства энергетического оборудования и элементов энергообъектов.

Наиболее наглядно данная тенденция прослеживается для ВЭС и СФЭС, для которых основная доля затрат энергии в течение жизненного цикла приходится на изготовление основного энергетического оборудования (ветротурбин и фотоэлектротрансформаторов). Так, например, доля энергозатрат на основное энергетическое оборудование ВЭС составляет порядка 70–85%, а для СФЭС 80–90% (табл. 9 и табл. 10). Если рассмотреть ВЭС и СФЭС в составе ветровых и солнечных парков, то удельный вес составляющих затрат энергии в этом случае будет немного отличаться от приведённых значений, поскольку нужно будет учесть затраты энергии на изготовление кабелей.

Увеличение экономической конкурентоспособности энергообъектов на основе ВИЭ, а также их более высокая энергетическая и экологическая эффективность по сравнению с невозобновляемыми источниками способствуют всё более интенсивному развитию энергообъектов на основе ВИЭ в мире.

Согласно прогнозам, установленная мощность энергообъектов на основе

<sup>8</sup> При анализе представленных в табл. 5 данных следует учитывать, что расчёты энергоэффективности и выбросов  $\text{CO}_2\text{экв}$  выполнялись для энергообъектов, различающихся по параметрам, условиям строительства и эксплуатации, прим. авт.

<sup>9</sup> При анализе представленных в табл. 6–8 данных следует учитывать, что расчёты энергоэффективности выполнялись для энергообъектов, отличающихся по параметрам, условиям строительства и эксплуатации, прим. авт.

Таблица 6

## Сроки энергетической окупаемости наземных ВЭС

Наименование организации	Год выполнения работы	Фирма – производитель, модель и мощность ВЭС	Срок энергетической окупаемости, мес.
Vestas Wind Systems A/S (Дания)	2011	Vestas V80, 2.0 МВт	8.5
	2013	Vestas V90, 3.0 МВт	6.6
	2011	Vestas V112, 3.0 МВт	8.0
	2013	Vestas V100, 2.6 МВт	8.4
	2014	Vestas V117, 3.3 МВт	7.0
	2015	Vestas V100, 2.0 МВт	7.0
Gamesa Coporación Tecnológica (Испания)	2014	Gamesa G114, 2.0 МВт	7.8
	2015	Gamesa G90, 2.0 МВт	8.0
Oregon State University (США)	2014	Gamesa 2.0 МВт <sup>1</sup>	7.2
	2014	Vestas 2.0 МВт <sup>1</sup>	6.9

Примечание. <sup>1</sup> Данные о модели ВЭС в работе отсутствуют.

Таблица 7

## Оценки сроков энергетической окупаемости СФЭС различного типа

Автор оценки	Год выполнения работы	Тип фотоэлектрической панели	Срок энергетической окупаемости, лет
Kannan	2007	Монокристаллический кремний (m-Si)	4.5
Jungbluth	2005	Мультикристаллический кремний (mc-Si)	3.0
Ito	2011		2.2–2.5
Racca	2007		3.8
Ito	2011	Аморфный кремний (a-Si)	2.6–3.0
Raugei	2007	Тонкоплёночный (CIS)	1.9
Ito	2011		1.5–1.8

Таблица 8

## Значения энергетических показателей для МГЭС разной мощности

(по данным: Varun I. Life cycle analysis of run-of river small hydro power plants in India. / I. Varun, K. Bhat, R. Prakash// The Open Renewable Energy Journal. 2008. Vol. 1. P. 11–16; Pant R. Life cycle assessment of small hydro power plants in Uttarakhand. / R. Pant, S. Aggarwal, K. Joshi// International Journal of Current Engineering and Technology. 2016. Vol. 1. P. 289–294).

№ пп	Наименование ГЭС	Установленная мощность	Срок энергетической окупаемости, лет
1	Karmi-III	кВт	2.71
2	Jakhna	кВт	1.99
3	Rayat	кВт	1.28
4	Kulhal	30.0 МВт	2.3
5	Dharani	33.0 МВт	2.1
6	Dhalipur	55.0 МВт	2.0

**Составляющие затрат энергии в течение жизненного цикла наземных ВЭС  
средней мощности (2.0–3.0 МВт)**

Составляющие затрат энергии в течение жизненного цикла	Удельный вес затрат энергии, %
Изготовление ветротурбины	70–85
Фундамент	8–12
Строительные работы и транспортировка	5–10
Сервисное обслуживание	6–9
Снятие с эксплуатации	1–2
Снятие с эксплуатации с переработкой используемых материалов	20–25*

*Примечания: Удельный вес затрат энергии рассчитан на основе данных представленных в [Garrett P., Ronde K. Life Cycle Assessment of Electricity Production from a V80–2.0MW Gridstreamer Wind Plant. Vestas Wind Systems A/S. 2011. 104 p.: <http://www.vestas.com>; Garrett P., Ronde K. Life Cycle Assessment of Electricity Production from an onshore V90–3.0MW Wind Plant. Vestas Wind Systems A/S. 2013. – 106 p.: <http://www.vestas.com>; Souza N., Shonfield P. Life Cycle Assessment of Electricity Production from a V112 Turbine Wind Plant. Vestas Wind Systems A/S. 2011. 87 p.: <http://www.vestas.com>; Garrett P., Ronde K. Life Cycle Assessment of Electricity Production from an onshore V100–2.6 MW Wind Plant. Vestas Wind Systems A/S. 2013. – 107 p.; Razdan P., Garrett P. Life cycle assessment of electricity production from an onshore V100–2.0 MW Wind Plant. Vestas Wind Systems A/S. 2015. 130 p.: <http://www.vestas.com>; Garrett P., Ronde K. Life Cycle Assessment of Electricity Production from a V90–2.0MW Gridstreamer Wind Plant. Vestas Wind Systems A/S. 2011. 105 p.: <http://www.vestas.com>.]*

\* При переработке используемых материалов указан удельный вес затрат энергии, который может быть компенсирован за счёт вторичного использования материалов.

ВИЭ, в особенности ветровой и солнечной энергетики в мире, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе будет продолжать возрастать. Также согласно прогнозам, в мире будет увеличиваться и доля ВИЭ в общем производстве энергии (табл. 11).

В 2009 г. в России распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р была принята “Энергетическая стратегия России на период до 2030 года”, согласно которой доля ВИЭ к 2030 г. должна составить 7% (без учёта крупных ГЭС)<sup>10</sup>.

В настоящее время энергетическая отрасль России по-прежнему остаётся централизованной (несмотря на то, что свыше 65% территории страны относится к зонам децентрализованного энергоснабжения) и ориентированной на использование невозобновляемых источников энергии. Развитие децентрализованной региональной энергетики, в том числе с использованием энергетических технологий на основе ВИЭ идёт крайне низкими темпами (значительно ниже мировых), несмотря на то, что энер-

гообъекты на основе ВИЭ (особенно ВЭС и СФЭС) являются вполне экономически конкурентоспособными по сравнению с энергогенерирующими станциями на невозобновляемых источниках энергии. А ведь области использования ВИЭ очень обширны, они могут работать, как автономно, так и совместно с существующими источниками энергии и снабжать потребителей, не подсоединённых к распределительным сетям централизованных источников энергии.

Среди основных причин, препятствующих развитию ВИЭ в России, помимо недостаточной государственной поддержки, ориентированности энергетической отрасли на невозобновляемые источники энергии, централизованного характера системы энергоснабжения можно также выделить и недостаток теоретических и практических научных исследований, обескураживающих эффективность использования ВИЭ. Вместе с тем, в зарубежной практике такие исследования активно проводятся, в частности, к ним относятся оценки энергетической и экологической эффективности жизненных циклов энергообъектов. Эти оценки показывают, что **энергообъекты на основе ВИЭ (особенно ВЭС и СФЭС)**

<sup>10</sup> Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. 103 с.: <http://www.minenergo.gov.ru>

Таблица 10

**Составляющие затрат энергии в течение жизненного цикла СФЭС  
(наземные установки) различного типа установленной мощностью до 100 кВт**

Составляющие затрат энергии в течение жизненного цикла	Удельный вес затрат энергии, %
Фотоэлектрическая панель	68–72
Инвертер и кабель	12–18
Транспортировка	2–4
Строительные работы	1–3
Сервисное обслуживание	2–5
Снятие с эксплуатации	–3

Примечание. Удельный вес затрат энергии рассчитан на основе данных представленных в [Masakazu I. A comparative study on life cycle analysis of 20 different PV modules installed at the Hokuto mega-solar plant. / I. Masakazu, K. Mitsuru, N. Masahi, K. Kosuke // Progress in Photovoltaic: Research and applications. 2011. Vol. 17. P. 878–886.].

Таблица 11

**Прогнозные оценки доли ВИЭ в общем производстве энергии в мире в 2030–  
2050 гг., %**

Источник данных		2030 г.	2040 г.	2050 г.
International Renewable Energy Agency (IRENA)	RE MAP Case 0	27	н.д.	н.д.
	RE MAP Case 1	33	н.д.	н.д.
British Petroleum (BP)	Energy Outlook 2016	14	н.д.	н.д.
Climate Scientists	Remind 1.1	32	62	88
	GC AM 3.0	20	24	31
	MESSAGEV.4	28	42	57
International Energy Agency (IEA)	World Energy Outlook 2014	15	16	16
	Current Policy Scenario	15	23	н.д.
	Scenario	16	31	н.д.
Renewable Industry/ Energy Scientists/ Greenpeace	E [R]	33	55	76
	ADVE [R]	37	66	92

Примечание. н.д. – нет данных.

[Источник: Renewable global futures report 2017. Renewable Energy Policy Network for the 21 century. 2017. 98 p.: <http://www.ren21.net>.]

**в подавляющем большинстве случаев энергетически и экологически эффективнее, чем невозобновляемые источники энергии.**

Выбор наиболее эффективных вариантов энергообъектов в России в настоящее время осуществляется только на основе показателей экономической эффективности. Определение энергетической и экологической эффективности жизненных циклов энергообъектов, в том числе на основе ВИЭ, не производится, что не позволяет произвести комплексную оценку их эффек-

тивности. В России существует большое количество децентрализованных и энергодефицитных регионов и районов со слабой сетевой инфраструктурой, изношенными энергетическими фондами, но с большим потенциалом ветровой, солнечной и других видов возобновляемой энергии, использование которой при всесторонней комплексной оценке может оказаться не только экономически, но и энергетически, и экологически значительно эффективнее, чем использование невозобновляемых источников энергии.