

## ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ПОКАЗАТЕЛЯ LCOE

*Владислав Дмитриевич Кожевин*

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 17, аспирант, тел. (383)330-89-44, e-mail: kozhevl@mail.ru

Развитие возобновляемой энергетики в России следует за мировыми трендами с некоторым опозданием. Однако на данный момент был сформирован производственный кластер ВИЭ и запланирован ввод 5,6 ГВт мощностей до 2024 года, отмечая более чем двукратное падение капитальных затрат в рамках программы ДПМ. В статье был рассчитан показатель LCOE для трех видов генерации ВЭС, СЭС и МГЭС в 2020 году по итогам отборов мощностей на аукционах ДПМ, описаны основные факторы и драйверы снижения данного показателя.

**Ключевые слова:** ВИЭ, ВЭС, СЭС, LCOE

## THE CURRENT SITUATION AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF GREEN ENERGY IN RUSSIA ON THE EXAMPLE OF THE LCOE INDICATOR

*Vladislav D. Kozhevin*

Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS, 17, Prospect Akademik Lavrentyev, Novosibirsk, 630090, Russia, PhD student, phone: (383)330-89-44, e-mail: kozhevl@mail.ru

The development of renewable energy in Russia follows global trends with some delay. However, at the moment, a renewable energy production cluster has been formed and the commissioning of 5.6 GW of capacity is planned until 2024, marking a more than twofold drop in capital expenditures under the power supply contracts program. The article calculated the LCOE indicator for three types of generation of wind power plants, solar power plants and small hydro power plants in 2020 based on the results of capacity selection at power supply contracts auctions, and describes the main factors and drivers for reducing this indicator.

**Keywords:** RES, wind energy, solar energy, LCOE

### *Введение*

Тренд на развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире уже не новый, однако в России данный процесс наиболее активно стал развиваться, только начиная с 28 мая 2013 года, когда были подписаны постановление Правительства РФ №449 и распоряжение №861-р о существенных условиях и механизме ДПМ ВИЭ (договоры поставки мощности) [1,2]. Фактически до этого момента ключевые новые ВИЭ промышленного масштаба (солнечные и ветряные) не существовали в России. ДПМ ВИЭ заключается на 15 лет в отношении объектов генерации, определенных по результатам конкурсного отбора инвестиционных проектов ВИЭ. Основным критерий при отборе на конкурсе – это наименьшая заявленная величина полных капитальных затрат на 1 кВт установленной

мощности, которая не может превышать предельные значения, установленные в рамках отбора.

Всего в рамках таких отборов в 2013-2020 гг, было отобрано более 5,6 ГВт установленной мощности со сроками ввода объектов до 2024 года. Распределение вводов по конкурсам представлено на рисунке 1 по данным Администратора торговой системы оптового рынка электроэнергии.

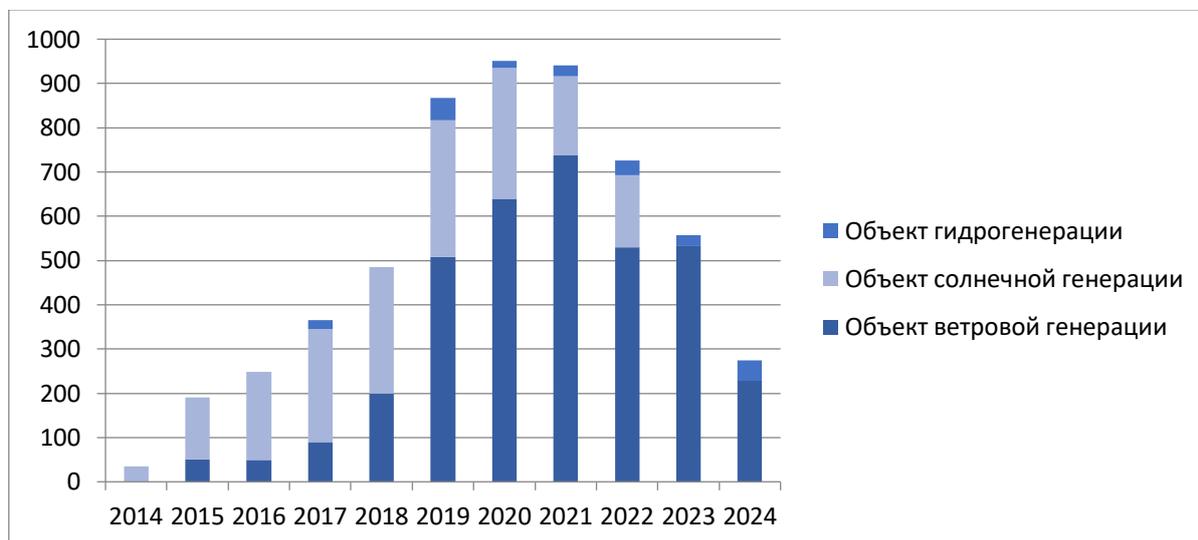


Рис.1 Ввод объектов ВИЭ в рамках конкурсов ДПМ

Крупнейшими игроками на рынке новой возобновляемой энергетики в России являются (конечные бенефициары мощности):

- ВЭС: АО «Новавинд» (ГК «Росатом») – 1192,5 МВт, Фортум – 947 МВт, Роснано – 911,3 МВт, Энел Россия – 362,3 МВт.

- СЭС: ГК «Ренова» - 619,2 МВт, ПАО «Т плюс» - 326,2 МВт, ООО «Солар Системс» - 316,3 МВт, ООО «Реам менеджмент» - 212,1 МВт, ГК «Вершина девелопмент» (Core Value Capital GmbH), Фортум – 115,6 МВт.

- МГЭС: ПАО «Русгидро» - 99,5 МВт, ООО «Норд Гидро» - 49,8 МВт.

Активное развитие ВИЭ в России в том числе связано с поступательным развитием технологий и созданием производств на территории России: Гетероструктурные ФЭМ ГК «Хевел» в г. Новочебоксарске объемом 340 МВт/год, Мультикристаллические кремниевые слитки и пластины ООО «Хелиос-ресурс» в г. Мытищи и г. Саранске объемом 180 МВт/год, Гондолы ВЭУ и системы охлаждения ООО «Вестас Рус» в г. Нижний Новгород объемом 80 гондол/год и другие [3].

Капитальные затраты на 1 кВт значительно сократились во время отборов для ВЭС с 155 тыс. руб. за кВт установленной мощности в 2016 году до 65 тыс. руб. для объектов с вводом в 2024 году; СЭС со 108 тыс. руб. в 2015 до 83-97 тыс. руб. в 2021-2022. МГЭС же наоборот выросли с 146 тыс. руб. за кВт установленной мощности в 2017 году до 193 тыс. руб. в 2024.

При этом с проблемами столкнулись первые победители конкурсов в виду как некорректного указания капитальных затрат на единицу мощности, так и девальвации рубля в 2014 году и ухудшении условий банковского финансирования. Так, по словам Павла Шевченко (бывшего директора ГК «Энергия солнца») компания вместе с инвесторами из Bright Capital не смогла исполнить свои обязательства по строительству солнечных электростанций установленной мощностью 435 МВт и в 2016 г. начала распродавать свои ДПМ, выигранные ранее на конкурсах (в течение 2-х лет ДПМ в отношении 13 проектов СЭС совокупной мощностью 195 МВт были проданы структурам ГК «Ренова», ДПМ в отношении 4 проектов совокупной мощностью 60 МВт были проданы компаниям, входящим в группу «Солар Системс», 135 МВт австрийскому фонду Core Value Capital GmbH под управление ГК «Вершина девелопмент»).

### *Методы и материалы*

В рамках работы используется методика для расчета средней расчетной себестоимости производства электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла генерирующего объекта, получившая обозначение LCOE (levelized cost of electricity).

$$LCOE = \frac{\sum \frac{Cap_t + O\&M_t + F_t + Carb_t + D_t}{(1+r)^t}}{\sum \frac{MWh_t}{(1+r)^t}}$$

где:  $MWh_t$  – количество произведенной энергии в году  $t$ ;

$(1+r)^{-t}$  – коэффициент дисконтирования для года  $t$ ;

$Cap_t$  – полные капитальные затраты в году  $t$ ;

$O\&M_t$  – операционные затраты в году  $t$ ;

$F_t$  – затраты на топливо в году  $t$ ;

$Carb_t$  – затраты на оплату парниковых газов в году  $t$ ;

$D_t$  – затраты на обращение с отходами и вывод из эксплуатации в году  $t$ .

LCOE отражает стоимость вырабатываемого МВт·ч электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла энергоустановки, учитывая плановый КИУМ (коэффициент извлечения установленной мощности), капитальные расходы на строительство, операционные расходы, топливо, проценты по привлекаемым кредитам, ремонт и вывод из эксплуатации. LCOE представляет собой среднюю минимальную цену продажи электроэнергии, которая обеспечивает безубыточность генерирующего объекта в течение всего срока эксплуатации [4].

LCOE является сводной оценкой общей конкурентоспособности различных технологий, что позволяет заинтересованным сторонам (инвесторам и регуляторам):

- Отбор наиболее эффективных проектов для снижения капитальных и операционных затрат;

- Комплексный анализ влияния технико-экономических и финансовых изменений на возведение генерирующего объекта;

- Сравнение отечественных и зарубежных технологий, определение конкурентных преимуществ проекта;

- Принятие инвестиционных решений по конкретным объектам.

Для целей работы будут рассчитаны LCOE в России на 2020 год и сопоставлены с мировыми значениями.

### *Текущая ситуация в России*

Расчет показателя LCOE осуществляется рядом известных международных организаций (IRENA, Bloomberg NEF, Lazard и др.), однако методики расчета у каждой из этих организаций являются индивидуальными, что приводит к разбросам в значениях.

Результаты расчета LCOE в России на 2020 год показывают его существенное превышение над международными аналогами в 2-4 раза (Таблица). Сокращение данного отставания возможно при реализации следующих факторов:

- Развитие технологий;
- Усиление конкуренции на конкурсных отборах;
- Появление большого числа опытных, международных девелоперов.

### Корреляция спектральных аномалий

Параметры		СЭС	ВЭС	МГЭС
Год ввода по конкурсу		2020	2020	2020
Кап затраты	тыс. руб./кВт	114,0	111,3	175,5
Опер затраты	руб./кВт в мес	301,7	209,4	164,5
КИУМ	%	15,08	27,47	47,33
WACC	%	12%	12%	12%
Жизненный цикл	Лет	25 лет	25 лет	25 лет
LCOE РФ*	руб./кВт	13,9	7,0	5,9
LCOE Мир**	руб./кВт	3,3	3,3	3,4

\* Расчеты автора \*\* IRENA

Данные факторы в значительной мере уже реализуются на территории России, что ведет к постепенному снижению себестоимости выработки электроэнергии из новых объектов ВИЭ и сокращению отставания.

Развитие внутренних кластеров производства оборудования для ВИЭ (солнечные панели, элементы ветроустановок), приводит к постепенному снижению себестоимости: от 24 руб. за кВт\*ч у СЭС и 12,6 руб. за кВт\*ч у ВЭС на старте программы ДПМ в 2015-2016 гг. до нынешних значений в 14 и 7 рублей соответственно.

Помимо этого усиливается конкуренция компаний на конкурсных отборах мощностей. Если в первые 3 года программы ДПМ отбиралось не более 200 МВт установленной мощности, то к 2020 году данный показатель практически достиг

1 ГВт, а капитальные расходы снизились с 155 тыс. руб./кВт (ВЭС) и 108 тыс. руб./кВт (СЭС) до 65 тыс. руб./кВт (ВЭС) в 2024 г. и 50 тыс.руб./кВт в 2022 г. соответственно.

В третьих, на рынок вышли крупные энергетические и промышленные игроки с международным опытом строительства объектов ВИЭ и развития технологий производства. Enel Group с портфелем проектов по всему миру более 49 ГВт, Фортум – более 3 ГВт, Vestas – 136 ГВт, Siemens Gamesa Renewable Energy – производство более 12 ГВт ветрогенераторов по всему миру (данные с сайтов компаний). Это позволяет реализовывать крупные проекты с конкурентоспособной себестоимостью энергии.

### *Обсуждение и заключение*

Согласно Renewables 2020 Global status report, данным IRENA и Lazard новые проекты возобновляемых источников энергии оказываются более конкурентоспособными с точки зрения затрат по сравнению с традиционной генерацией и вырабатывают более 26% мирового производства электроэнергии. Чистый прирост мощностей для возобновляемых источников энергии был выше, чем для ископаемых видов топлива и ядерной энергии вместе взятых, начиная с 2015 года, и в настоящее время ВИЭ составляют более одной трети общемировой установленной мощности [5]. Россия также отмечает подобные тенденции: цены возобновляемой электроэнергии существенно снизились и новые отборы регистрируют все более низкие значения, операционные затраты также продолжают снижаться, а промышленный кластер ВИЭ способен производить более 1,5 ГВт установленной мощности ежегодно. Все это непосредственно сказывается на значениях LCOE, приближая российскую возобновляемую энергетику к международному уровню, даже при учете факторов зависимости потребления ВИЭ от цен на углеводороды или коррупционной составляющей, которые существенно замедляют проникновение ВИЭ в энергобалансы стран [6].

При этом ключевыми внутренними драйверами снижения LCOE российских проектов остаются КИУМ и WACC. Первый показатель является результатом развития технологий, а второй – стоимости заимствования и инвестиционной привлекательности проектов. Внешними драйверами, способными существенно ускорить снижение LCOE, являются государственная поддержка и рост рыночного спроса на зеленую энергию.

По всем из этих драйверов в последние годы можно было наблюдать существенные изменения: мягкая ДКП Банка России снижала стоимость заимствования, технологический кластер увеличивал локализацию производства, снижая себестоимость, государство продлило программу ДПМ ВИЭ до 2035 года, пусть и в несколько урезанном виде, а крупные промышленные компании и генерация, как Полюс золото и ТГК-1, начали заключать сделки по купле-продаже «зеленых» сертификатов.

Таким образом, до 2035 года можно ожидать снижение LCOE ВИЭ ниже аналогичного показателя для традиционной генерации, в частности ТЭС, и сокращении разрыва с общемировыми значениями.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ № НШ – 2571.2020.6.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 г. N 449 "О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности" [Электронный ресурс]. – <http://government.ru/docs/2121/> (дата обращения: 20.04.2021)
2. Распоряжение Правительства РФ от 28 мая 2013 г. N 861-р. [Электронный ресурс]. – <http://government.ru/docs/2180/> (дата обращения: 20.04.2021)
3. Отрасль ВИЭ в РФ. Потенциал развития до 2035г. Роснано. [Электронный ресурс]. – <https://www.rusnano.com/upload/images/sitefiles/files/РОСНАНО%20Презентация%20Отрасль%20ВИЭ%20в%20РФ.pdf> (дата обращения: 20.04.2021)
4. Развитие ВИЭ в России: технологии и экономика / под ред. А.Б. Чубайса, В.А. Зубакина и А.Е. Копылова – М.: Издательская группа «Точка», 2020. – 464 с.
5. REN21. 2020. Renewables 2020 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017_Full-Report_English.pdf) (дата обращения: 20.04.2021).
6. Eder L.V. World energy market in the conditions of low oil prices, the role of renewable energy sources / L.V. Eder, I.V. Provornaya, I.V. Filimonova, V.D. Kozhevina, A.V. Komarova // Energy Procedia. – 2018. – Vol 153. – P.112-117. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610218308804?via%3Dihub> (дата обращения: 20.04.2020).

#### REFERENCES

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 28 maya 2013 g. N 449 "O mekhanizme stimulirovaniya ispol'zovaniya vozobnovlyaemykh istochnikov energii na optovom rynke elektricheskoy energii i moshchnosti" [Elektronnyj resurs]. – <http://government.ru/docs/2121/> (data obrashcheniya: 20.04.2021)
2. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 28 maya 2013 g. N 861-r. [Elektronnyj resurs]. – <http://government.ru/docs/2180/> (data obrashcheniya: 20.04.2021)
3. Otrasl' VIE v RF. Potencial razvitiya do 2035g. Rosnano. [Elektronnyj resurs]. – <https://www.rusnano.com/upload/images/sitefiles/files/ROSNANO%20Prezentaciya%20Otrasl'%20VIE%20v%20RF.pdf> (data obrashcheniya: 20.04.2021)
4. Razvitie VIE v Rossii: tekhnologii i ekonomika / pod red. A.B. Chubajsa, V.A. Zubakina i A.E. Kopylova – M.: Izdatel'skaya gruppa «Tochka», 2020. – 464 s.
5. REN21. 2020. Renewables 2020 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017_Full-Report_English.pdf) (data obrashcheniya: 20.04.2021).
6. Eder L.V. World energy market in the conditions of low oil prices, the role of renewable energy sources / L.V. Eder, I.V. Provornaya, I.V. Filimonova, V.D. Kozhevina, A.V. Komarova // Energy Procedia. – 2018. – Vol 153. – P.112-117. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610218308804?via%3Dihub> (data obrashcheniya: 20.04.2020).

© В. Д. Кожевин, 2021