

**Татьяна Ланьшина**

к.э.н., генеральный директор ассоциации «Цель номер семь»  
старший научный сотрудник РАНХиГС

# Несубсидируемый рынок солнечной энергетики в России:

## В ОЖИДАНИИ ВЗРЫВНОГО РОСТА

Март 2021 / Москва



# Содержание

<b>Резюме</b>	4
<b>Введение</b>	6
1. Тенденции развития солнечной энергетики в России	7
1.1. Размер и структура рынка	7
1.2. Барьеры перехода на солнечную энергетику и возможности их преодоления	9
1.3. Факторы развития рынка	12
1.4. Примеры реализованных проектов	15
<b>2. Экономика солнечной энергетики</b>	19
2.1. Тарифы на электроэнергию: динамика и ожидания	21
2.2. Методика оценки стоимости электроэнергии	23
2.2.1. Капитальные затраты	24
2.2.2. Операционные затраты	25
2.2.3. Прочие предпосылки	25
2.3. Стоимость солнечной электроэнергии в России	27
<b>3. Перспективы развития солнечной микрогенерации в России</b>	33
<b>Заключение</b>	36
Терминологический словарь	38
Список участников проекта, предоставивших данные или принявших участие в интервью	40
Список литературы	41

## Резюме

Несубсидируемый рынок солнечной энергетики в России включает в себя все солнечные электростанции (СЭС), построенные без государственной поддержки, действующей на оптовом рынке электроэнергии и мощности и на розничных рынках электроэнергии. Несубсидируемая солнечная энергетика представлена автономными, сетевыми и гибридными СЭС, которые устанавливают как крупные компании (например, компании сырьевого сектора для энергоснабжения производственных объектов на изолированных территориях), так и малый и средний бизнес, а также домохозяйства.

Основными факторами спроса на несубсидируемые СЭС являются возможность сокращения расходов на электроэнергию и возможность повышения надежности энергоснабжения. Долгое время несубсидируемые СЭС не пользовались высоким спросом в России ввиду их высокой стоимости. Однако в связи с десятикратным удешевлением солнечной электроэнергии за последние 10 лет, эта отрасль в ближайшие годы может показать динамичный рост. В настоящее время стоимость электроэнергии от СЭС без государственной поддержки может составлять менее 5 рублей/кВт\*ч в 34 регионах России, из них в 8 регионах страны значение данного показателя может составлять менее 4 рублей/кВт\*ч. Это сопоставимо с тарифами на электроэнергию для населения и зачастую существенно ниже тарифов на электроэнергию для малого и сред-



него бизнеса. Во многих регионах России МСП платят до 11 рублей за 1 кВт\*ч. К 2025 году в некоторых регионах тарифы могут вырасти до 15 рублей/кВт\*ч. Стоимость солнечной генерации при этом продолжает снижаться.

Солнечная энергетика в России пока делает лишь первые шаги. В конце 2019 года СЭС обеспечивали 2,8% всего глобального производства электроэнергии, в то время как в начале 2020 года в России на солнечную и ветровую генерацию в совокупности приходилось 0,2% производства электроэнергии. Несубсидируемый сегмент солнечной энергетике в России оценивается в данном исследовании в 100 МВт, что составляет 0,04% от мощности всей энергосистемы страны. До половины этого объема было введено в эксплуатацию в 2019-2020 гг. На рынке присутствуют около 50 компаний, которые поставляют оборудование и осуществляют монтаж.

Принятый в 2019 году закон о микрогенерации открывает для несубсидируемой солнечной энергетике новые возможности. Во-первых, именно солнечная энергетика станет основным бенефициаром этого закона, благодаря ее возможностям масштабирования и нулевым маржинальным затратам. Во-вторых, продажа излишков электроэнергии гарантирующим поставщикам позволит домохозяйствам и МСП в регионах с хорошей инсоляцией снизить свои годовые расходы на электроэнергию, отопление и горячее водоснабжение до нуля.



## Введение

Данное исследование посвящено российскому несубсидируемому рынку солнечных электростанций (СЭС) для коммерческих предприятий и домохозяйств, которые являются потребителями на розничном рынке электроэнергии. Этот рынок не включает в себя объекты, построенные с использованием механизмов государственной поддержки: договоров о предоставлении мощности (ДПМ) квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также специальных тарифов для объектов ВИЭ на розничных рынках.

Несубсидируемый рынок солнечной и ветровой энергетики существует в России уже очень давно, и он возник задолго до появления системы государственной поддержки ВИЭ в 2013 году. Небольшие компании занимались установкой микро-СЭС и микро-ВЭС на дачах, в частных домах и на промышленных объектах еще в 1990-е и 2000-е гг. Существенным недостатком СЭС традиционно являлись относительно высокие начальные капитальные затраты. Ввиду этого до недавнего времени российский несубсидируемый рынок солнечной энергетики был представлен в основном небольшими автономными системами. Такие системы устанавливались либо в случае, когда невозможны иные решения (подключение к сети отсутствует или является ненадежным), либо энтузиастами, которым неважна стоимость оборудования и интересны новые и/или менее вредные для окружающей среды технологии.

В последнее время, по мере снижения стоимости оборудования для СЭС и роста тарифов на сетевую электроэнергию, экономика проектов СЭС существенно улучшилась, в особенности, для небольших предприятий на юге России, где наблюдается достаточно высокий уровень инсоляции и дефицит мощностей. Также в конце 2019 года в России был принят закон о микрогенерации, который в ближайшее время позволит домохозяйствам и малым и средним предприятиям (МСП) не только потреблять электроэнергию из сети, но и поставлять излишки собственной генерации в сеть. Установка счетчиков и постепенная отмена перекрестного субсидирования ударят по тарифам — в некоторых регионах в период до 2025 года тарифы на электроэнергию для населения и малого и среднего бизнеса могут вырасти до 15 рублей/кВт\*ч. Поскольку себестоимость производства электроэнергии за счет энергии солнца не только не увеличивается, но и продолжает снижаться, можно ожидать взрывного роста несубсидируемого рынка солнечной энергетики, который, скорее всего, уже начался в 2019 году и в ближайшее время станет очевидным.





## 1. Тенденции развития солнечной энергетики в России

В конце 2019 года солнечная энергетика производила 2,8% всей электроэнергии в мире<sup>1</sup>. В первом полугодии 2020 года за счет энергии солнца и ветра было произведено почти 10% глобальной электроэнергии. Доля этих двух источников в генерации за последние 5 лет удвоилась. Россия остается крупнейшей экономикой мира, которая практически не использует солнечную и ветровую энергию — на эти два источника в первом полугодии 2020 года пришлось лишь 0,2% производства всей электроэнергии в стране<sup>2</sup>. С одной стороны, Россия существенно отстает от большинства других стран в области солнечной энергетики. С другой стороны, она обладает огромным потенциалом развития данной отрасли, который может стать одним из источников экономического роста.

### 1.1. Размер и структура рынка

Несубсидируемый рынок солнечной энергетики существует в России с самого начала рыночных отношений в стране, то есть, около трех десятилетий. При этом он по-прежнему не имеет четкой сегментации и находится на начальных этапах своего развития. Всего, по оценкам его участников, со стороны предложения насчитывается около 50 компаний — специализированных дистрибьютеров и монтажных организаций, которые работают как с крупными, так и с малыми и средними предприятиями, а также с домохозяйствами. Монтажные компании обычно используют любые возможности для развития бизнеса, например, занимаются установкой не только солнечных электростанций, но и тепловых насосов и солнечных коллекторов. Их успех часто зависит от личности основателя. Во многих компаниях солнечная энергетика не является основным бизнесом. В целом, рынок очень динамичен, он быстро меняется и развивается.

Со стороны спроса на российском несубсидируемом рынке солнечной энергетики можно выделить следующие категории потребителей: крупные компании (чаще всего нефтегазовые и горнодобывающие), малые и средние предприятия (производственные и торговые компании, гостиничные комплексы) и домохозяйства. При отсутствии субсидий спрос на солнечную энергию обусловлен двумя факторами: возможностью сэкономить в регионах с высокими тарифами на электроэнергию и возможностью повысить надежность электроснабжения в регионах с высокими рисками его нарушения.

Оценить объем российского несубсидируемого рынка солнечной энергетики достаточно сложно, учитывая, что все его игроки являются небольшими компаниями, которые не публикуют свои данные. По имеющимся приблизительным оценкам экспертов, в 2014-2020 гг. в этом секторе было установлено до 100 МВт СЭС, причем до

<sup>1</sup> REN21 (2020). Renewables 2020. Global status report. URL: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2020\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf).

<sup>2</sup> Ember (2020). Wind and solar now generate one-tenth of global electricity. URL: <https://ember-climate.org/project/global-electricity-h12020/>.



половины этого объема пришлось на 2019-2020 гг. Учитывая, что установленная мощность всей энергосистемы России составляет 246 ГВт<sup>3</sup>, на долю несубсидируемой солнечной энергетики приходится лишь 0,04%. Мощность СЭС, установленных в России с субсидированием, составляет около 1,5 ГВт или 0,6% от общей установленной мощности энергосистемы.

Интерес к такому маленькому рынку и мотивация его исследования объясняется тем, что этот рынок потенциально может быть достаточно большим. В Великобритании средний объем ввода микро-СЭС для домохозяйств оценивается в 381 МВт в год в 2010-2019 гг., для бизнеса — в 211 МВт в год<sup>4</sup>, при том что Великобритания менее привлекательна по уровню инсоляции, чем Россия, и в ней проживает вдвое меньше населения. Под уровнем инсоляции принято понимать усредненное количество солнечной энергии, попадающее на квадратный метр поверхности в сутки. Данный показатель является одним из основных в солнечной энергетике. Для Великобритании характерен диапазон инсоляции от 1,24 до 2,79 кВт\*ч/м2/сутки для поверхности, перпендикулярной к излучению, в то время как для России — от 1,92 до 5,03 кВт\*ч/м2/сутки<sup>5</sup>. При численности населения около 67 млн человек в конце 2020 года в Великобритании насчитывалось около 1 млн микро-СЭС мощностью менее 10 кВт, которые преимущественно используются в домохозяйствах<sup>6</sup>. В России насчитывается 147 млн жителей, и подсчет количества микро-СЭС не ведется. По оценкам экспертов, число домашних микро-СЭС в России не превышает несколько тысяч, и почти все они работают в автономном режиме. Такая существенная разница в развитии микро-СЭС в Великобритании и России объясняется тем, что в Великобритании этот сегмент долгое время субсидировался через зеленый тариф, а в России — нет. С марта 2019 года зеленый тариф в Великобритании закрыт для новых участников, поскольку солнечная энергетика достигла конкурентоспособности, но при этом участники рынка ожидают<sup>7</sup> устойчивый спрос на микро-СЭС как со стороны домохозяйств, так и со стороны бизнеса.

Принято выделять сетевые, автономные и гибридные электростанции. Сетевые электростанции работают параллельно с централизованной электросетью, и для них не требуются накопители энергии. Такие электростанции отправляют всю выработанную электроэнергию во внутреннюю сеть объекта энергопотребления, а недостающая электроэнергия автоматически добирается из централизованной электросети. При этом избыточная электроэнергия СЭС, как правило, не поставляется в сеть ввиду сложности организации таких поставок. Автономные электростанции не имеют подключения к сети и работают с системами накопления энергии. Такие электростанции возводятся в случае недоступности или нестабильности централизованной электросе-

<sup>3</sup> Системный оператор единой энергетической системы (2020). Единая энергетическая система России.

URL: <https://so-ups.ru/functioning/ees/ees-2020/>.

<sup>4</sup> Solar Trade Association (2019). 40 GW by 2030? The UK solar PV market outlook.

URL: <https://www.solar-trade.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/STA-2030-Deployment-forecast-final.pdf>.

<sup>5</sup> Global Solar Atlas. URL: <https://globalsolaratlas.info/map>.

<sup>6</sup> UK Government (2020). Solar photovoltaics deployment.

URL: <https://www.gov.uk/government/statistics/solar-photovoltaics-deployment#history>.

<sup>7</sup> Solar Trade Association (2019). 40 GW by 2030? The UK solar PV market outlook.

URL: <https://www.solar-trade.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/STA-2030-Deployment-forecast-final.pdf>.





ти. Гибридные электростанции работают совместно с сетью, но в их составе есть хотя бы одна аккумуляторная батарея. Гибридные электростанции «подмешивают» к солнечной электроэнергии недостающую электроэнергию из сети и выступают в качестве резерва при отключении сетевого электричества.

В основном, российский бизнес устанавливает небольшие сетевые СЭС мощностью до 1 МВт. По оценкам Neosun Energy<sup>8</sup>, средняя мощность частной СЭС составляет 122,4 кВт. Однако мощности солнечных электростанций коммерческих предприятий растут. Так, до 2018 года в стране не было ни одной частной СЭС с установленной мощностью более 1 МВт, а в настоящий момент насчитывается 3 таких электростанции. Домохозяйства до сих пор устанавливали преимущественно автономные и гибридные солнечные электростанции. Однако в конце 2019 года в России был принят закон о микрогенерации, который в ближайшее время может повысить спрос на сетевые микро-СЭС среди домохозяйств и малых и средних предприятий (перспективы развития микрогенерации в России подробно рассматриваются далее в разделе 3).

В разных регионах России наблюдается разная информированность о солнечной энергетике. Например, в Краснодарском и Алтайском краях инсоляция находится примерно на одинаковом уровне. При этом в Краснодарском крае о солнечной энергетике и оборудовании, которое в ней используется, знает значительная часть населения, а в Алтайском крае — почти никто. Это можно объяснить тремя факторами: в Краснодарском крае наблюдаются высокие цены на электроэнергию для промышленности, при этом имеется высокий уровень инсоляции, а жители являются достаточно сплоченными и прогрессивными. Эти три фактора являются основными причинами развития несубсидируемой солнечной энергетике в некоторых регионах России.

Пандемия внесла коррективы в развитие несубсидируемого рынка солнечной генерации. С одной стороны, некоторые компании оказались ограничены в средствах. Например, производственные предприятия сейчас далеко не всегда готовы вкладывать деньги в малые СЭС, если они не выделили на это финансовые средства 1-2 года назад, до начала пандемии. Гостиницы, ориентированные на проведение деловых мероприятий, находятся в кризисе и тоже не готовы к расходам. С другой стороны, пандемия не оказала негативного влияния на возможность бизнеса снижать свои затраты с помощью ВИЭ. Поэтому те компании, которые не оказались ограничены в средствах, по-прежнему предъявляют спрос на малые СЭС. К таким компаниям можно отнести торговые предприятия, а также курортные гостиницы, расположенные на побережьях морей, озер и рек.

## **1.2. Барьеры перехода на солнечную энергетику и возможности их преодоления**

До сих пор активному развитию несубсидируемой солнечной энергетике в России препятствовал ряд барьеров, таких как низкая стоимость традиционной сетевой электроэнергии для населения, высокие капитальные затраты в солнечной энергетике

<sup>8</sup> Neosun Energy (2020). Исследование популярности солнечной энергетике среди российского бизнеса с 2014 по 2019 гг.  
URL: [https://neosun.com/wp-content/uploads/2020/02/Russian-corporate-solar-market-research-2020.pdf?fbclid=IwAR1D5PDSODBJ\\_ONX-38L0aCDYoSiy7s1KJ11vAJ0Hu-U1gRYZYDvu6KgmhQ](https://neosun.com/wp-content/uploads/2020/02/Russian-corporate-solar-market-research-2020.pdf?fbclid=IwAR1D5PDSODBJ_ONX-38L0aCDYoSiy7s1KJ11vAJ0Hu-U1gRYZYDvu6KgmhQ).



ке, высокая стоимость заемных средств, сложности с поставкой электроэнергии от микро-СЭС в сеть, недостаточная компетентность энергетиков, а также, возможно, самый серьезный барьер — распространенность большого числа предубеждений относительно солнечной энергетики (информационный барьер). Далее подробно рассматривается каждый из этих барьеров и предлагаются возможности их преодоления.

**Низкая стоимость традиционной сетевой электроэнергии.** Электроэнергия в России является дешевой по сравнению со многими другими странами. Для отдельных категорий российских потребителей (например, для населения) низкая стоимость электроэнергии поддерживается за счет перекрестного субсидирования, что снижает потенциальный спрос домохозяйств на микрогенерацию за счет ВИЭ. Однако, как будет показано в разделе 2.1, тарифы на электроэнергию в России растут как для промышленности, так и для домохозяйств, и в ближайшие годы эта тенденция получит продолжение, что сделает собственную генерацию за счет ВИЭ более выгодной.

**Высокие капитальные затраты.** Операционные издержки в солнечной энергетике являются почти нулевыми. Капитальные издержки в последнее время стремительно снижались, однако, поскольку пользователь СЭС осуществляет капитальные затраты одномоментно и перед началом эксплуатации объекта, выделение необходимой суммы как из собственных, так и из заемных средств часто вызывает затруднения. Например, капитальные затраты на строительство микро-СЭС сейчас приближаются к 60 тыс. рублей за киловатт. При мощности СЭС для домохозяйства 3-5 кВт стоимость СЭС составит не менее 180-300 тыс. рублей. Для многих потенциальных пользователей это слишком дорого, даже если они осознают, что в дальнейшем в течение 30-40 лет электроэнергия будет для них почти бесплатной. Малые предприятия тоже часто не могут себе позволить вложить средства в актив с достаточно длительным сроком окупаемости. Однако стоимость оборудования для солнечной энергетики продолжает снижаться, что делает данный барьер менее существенным. Преодолеть его также можно с помощью расширения доступа к заемным средствам.

**Высокая стоимость заемных средств.** Получить кредит на развитие бизнеса или потребительский кредит при наличии положительной кредитной истории в России сейчас не представляет труда. Несколько банков, в частности, Газпромбанк и Сбербанк, уже финансируют строительство больших СЭС на субсидируемом рынке солнечной энергетики. Однако специализированные банковские продукты для малой солнечной генерации в России только начинают появляться. Например, группа компаний «Хевел» начала предлагать солнечные электростанции в лизинг. Лизингополучатель получает СЭС во временное пользование за определенную плату, с правом выкупа или без него. Лизинг позволяет осуществлять ускоренную амортизацию. Развитие специфических программ кредитования и лизинга могло бы ускорить развитие несубсидируемого рынка солнечной



энергетики, особенно если по этим продуктам банки будут предлагать более выгодные условия, чем по стандартным потребительским кредитам и кредитам на развитие бизнеса.

**Сложности с поставкой электроэнергии от микро-СЭС в сеть.** До недавнего времени владелец объекта микрогенерации мог направить запрос в энергосбытовую компанию о возможности подключения своего объекта к сети. Энергосбытовая компания могла даже предоставить ответ, что технологическое присоединение микрогенерирующего оборудования к электрическим сетям возможно, и сетевой организацией после заключения договора будет безвозмездно установлен интеллектуальный прибор учета электроэнергии. Но на практике процесс такого подключения являлся очень индивидуальным, и заявление на подключение микрогенерирующего оборудования к сети могли отклонить без объяснения причин. Предприятия строили микро-СЭС, которые работали параллельно (синхронно) с электрической сетью и имели защиту от выдачи мощности в электрическую сеть. Хотя было несколько прецедентов, когда российским микрогенераторам удавалось договориться о поставке своих излишков электроэнергии в сеть. Ожидается, что данный барьер будет ликвидирован в ближайшее время благодаря началу работы закона о микрогенерации.

**Недостаточная компетентность энергетиков.** Развитию рынка несубсидируемой солнечной энергетики препятствует недостаточная компетентность энергетиков, получивших образование 20-30 лет назад и за это время не изменивших своих взглядов на ВИЭ. Далеко не все специалисты обладают достаточными знаниями английского языка, в результате чего для них остается доступной лишь информация на русском языке, актуальность которой весьма сомнительна. Зачастую приехавшие на стажировку выпускники иностранных вузов знают о технологиях современной энергетики больше, чем специалисты, проработавшие в России десятки лет. Кроме того, большинство монтажных компаний пренебрегают проектированием, и многие из них стремятся использовать самое дешевое оборудование, что приводит к серьезной потере качества. Особенно это касается тех компаний, которые работают с совсем маленькими мощностями — до 100 кВт. Для того, чтобы ликвидировать этот барьер, необходимо, чтобы пришло новое поколение молодых энергетиков и главных инженеров проектов, которые не обучались у специалистов старой закалки, знают английский язык, имеют представление об иностранных проектах и интересуются новыми технологиями.

**Информационный барьер.** Несмотря на широкое применение солнечной энергетики в мире, в России до сих пор распространено большое количество предубеждений, связанных с использованием СЭС. К таким предубеждениям или мифам можно отнести следующее.



*Миф №1: «Солнечная энергетика — это очень дорого».* Это было справедливо 10 и более лет назад. Но в последнее десятилетие, благодаря быстрому снижению цен на солнечные панели, во многих регионах солнечная энергетика стала дешевле традиционных источников энергии. В этом можно убедиться в разделе 2 данного исследования, где приводится стоимость электроэнергии от СЭС в мире и в России.

*Миф №2: «В России нет солнца».* Уровень инсоляции в средней полосе России является гораздо более высоким, чем во многих странах Европы с развитым рынком солнечной энергетике, в частности в Германии и Великобритании, где применение СЭС широко распространено. Например, в Воронежской, Челябинской, Новосибирской областях и в Хабаровском крае солнечная электростанция с правильным углом наклона генерирует порядка 1150 кВт\*ч на 1 кВт установленной мощности в год (КИУМ 13%). В Ростовской области, Краснодарском крае, Оренбургской области, на Дальнем Востоке этот показатель составляет 1300-1500 кВт\*ч на 1 кВт (КИУМ 15-17%), что сопоставимо со значениями в Болгарии, Испании и Франции. Кроме того, в России есть регионы, в которых сезонные различия в генерации имеют «сглаженный» характер. Например, в Приморском крае зимы являются солнечными, а лето характеризуется высокой облачностью. В таких регионах менее выражена разница в выработке СЭС между летним и зимним периодами.

Достоверная и современная информация о солнечной энергетике содержится лишь на специализированных сайтах и в отраслевых журналах. Помимо этих источников, существует много информационного шума, который дезориентирует потенциального потребителя. В таких условиях хорошо работает горизонтальная популяризация технологий ВИЭ или сарафанное радио: если одно домохозяйство в населенном пункте установило солнечные панели и довольно результатами, то соседи с достаточно высокой вероятностью вскоре тоже установят свою микро-СЭС. Помимо сарафанного радио, которое способно эффективно работать без какого-либо стимулирования, требуется целенаправленная работа по распространению достоверной информации, а также реализация демонстрационных и образовательных проектов.

### **1.3. Факторы развития рынка**

Несмотря на долгий старт и чрезвычайно малые объемы российского рынка не-субсидируемой солнечной энергетике, в настоящий момент этот рынок имеет высокий потенциал взрывного догоняющего роста.

Важнейшим фактором роста интереса к несубсидируемым СЭС со стороны бизнеса и населения является стремительное снижение стоимости оборудования для солнечной энергетике. Это обусловлено прежде всего большим объемом инвестиций, которые направлялись в отрасль солнечной энергетике в странах Европы, а также в США и в Китае, и как следствие, развитием технологий. В 2019 году около 40% всех но-



вых установленных в мире СЭС производили электроэнергию, стоимость которой была ниже стоимости электроэнергии от новых электростанций на ископаемом топливе, без учета государственной поддержки<sup>9</sup>. В настоящий момент солнечная энергетика является одним из самых доступных видов генерации в мире.

Спрос на солнечную генерацию в России усиливается растущими тарифами на сетевую электроэнергию. Как будет показано далее в разделе 2.1, стоимость сетевой электроэнергии в ближайшие годы будет стабильно расти, и это вынуждает бизнес и домохозяйства искать альтернативы. Одной из таких альтернатив является строительство собственной микро-СЭС.

Еще одним значимым фактором является наличие у солнечной энергетике ряда существенных технических преимуществ перед другими видами генерации. Солнечные панели представляют собой надежное и долговечное оборудование, которое может эксплуатироваться до 40 лет. СЭС позволяют получать чистую энергию без загрязнения окружающей среды и без шума. Солнечные электростанции представляют собой модульные системы, обладающие большими возможностями масштабирования и применимые практически в любых климатических условиях, что делает их привлекательными для самых разных потребителей. Многие компании сначала устанавливают небольшие тестовые электростанции, а затем, убедившись в их надежности и экономической привлекательности, устанавливают дополнительные мощности. Строительство СЭС для бизнеса можно начинать с мощности в несколько десятков киловатт. Оптимальной конечной мощностью микро-СЭС для бизнеса считается мощность, которая не превышает потребление электроэнергии в течение светлого времени суток.

Также в России постепенно меняются потребительские предпочтения. Некоторые россияне обеспокоены изменением климата и величиной своего личного углеродного следа. Для части жителей страны становится важным хотя бы частично потреблять электроэнергию от ВИЭ. Согласно проведенному в 2019 году опросу РОМИР, 44% респондентов проявляют интерес к источникам, за счет которых была произведена потребляемая ими электроэнергия, более половины респондентов считают правильным переход на ВИЭ<sup>10</sup>. В связи с глобальными тенденциями к декарбонизации<sup>11</sup>, российские компании тоже вынуждены сокращать свой углеродный след, в том числе малый и средний бизнес.

Справедливо утверждать, что все регионы России перспективны для развития солнечной энергетике. Все зависит лишь от экономических ожиданий потребителя электроэнергии. Однако наибольший экономический и практический смысл имеет развитие несубсидируемой солнечной генерации в следующих регионах России:

<sup>9</sup> IRENA (2020). Power generation costs. Solar power. URL: <https://www.irena.org/costs/Power-Generation-Costs/Solar-Power>.

<sup>10</sup> Greenpeace (2020). Верят ли россияне в климатический кризис? URL: <https://climate.greenpeace.ru/veryat-li-rossiyane-v-klimaticheskij/>.

<sup>11</sup> Декарбонизация — сокращение выбросов парниковых газов (углекислого газа, метана и др.), которые накапливаются в атмосфере и приводят к глобальному потеплению.



1) Регионы с высоким уровнем инсоляции. К ним относится юг европейской части России и Сибири, Приморский край.

2) Регионы с низкой доступностью электроэнергии (Республики Калмыкия, Адыгея, Алтай). В этих регионах далеко не всегда есть возможность подключения к сети.

3) Энергодефицитные регионы. Например, в Краснодарском крае дефицит мощностей составляет около 7 ГВт. В таких регионах достаточно сложно подключиться к сети за короткое время и по приемлемому тарифу. Строительство небольших СЭС в таких случаях может быть наиболее простым, быстрым и дешевым решением.

4) Регионы с высокими тарифами на электроэнергию для населения и малого бизнеса. В Камчатском крае, Чукотском автономном округе, в Магаданской области стоимость электроэнергии для населения может составлять до 8 рублей за 1 кВт\*ч. Стоимость электроэнергии для малого бизнеса на юге европейской части России может составлять до 11 рублей за 1 кВт\*ч. Также перспективно строительство собственных микро-СЭС в Московской и Ленинградской областях. Здесь стоимость солнечной генерации будет не самой низкой ввиду относительно невысокой инсоляции, однако, учитывая что тарифы для МСП в некоторых случаях составляют более 10 рублей/кВт\*ч, инвестиции в собственную солнечную генерацию могут быть оправданными.

5) Регионы с высоким инновационным потенциалом. Московская и Ленинградская области достаточно перспективны в плане развития инновационных проектов и спроса на экологическую и социальную составляющие.

Примечательно, что в секторе МСП видят потенциал своего развития не только поставщики оборудования и монтажные организации отрасли солнечной энергетики, но и аналогичные компании отрасли ветроэнергетики. В частности, некоторые игроки, которые уже попробовали свои силы в сфере субсидируемой возобновляемой энергетики, в ближайшее время планируют начать строить ветропарки для малых и средних предприятий. До сих пор примеров, когда при наличии доступной сети предприятие возводило небольшой ветропарк для обеспечения своих потребностей в электроэнергии, в России практически не было. Как правило, для малых и средних предприятий целесообразно строительство ветропарков мощностью в несколько сотен киловатт, состоящих из нескольких (например, 3-4) ветроэнергетических установок, при тарифе на электроэнергию от 5 рублей/кВт\*ч. Ветропарки мощностью до 100 кВт требуют относительно высоких удельных капитальных расходов, а ветропарки мощностью от 1 МВт позволяют добиться минимальной стоимости единицы электроэнергии, но являются избыточными для сектора МСП. Отсутствие примеров использования энергии ветра в секторе МСП во многом обусловлено тем, что существует множество производителей ВЭУ мощностью до 100 кВт и от 1 МВт (крупнейшие производители





оборудования для ветроэнергетики производят ветроэнергетические установки мультимегаваттного класса), а между этими значениями продуктовый ряд является ограниченным. При этом наиболее востребованными в секторе МСП могли бы быть установки мощностью в несколько сотен киловатт.

#### 1.4. Примеры реализованных проектов

##### Торговое предприятие в селе в Белгородской области.

Торговое предприятие в селе в Белгородской области. Предприятие состоит из 10 продуктовых магазинов и магазина строительных материалов. Первая микро-СЭС мощностью 8,4 кВт (30 солнечных модулей) была установлена на крыше продуктового магазина в ноябре 2019 года, вторая микро-СЭС такой же мощности — на крыше склада в июле 2020 года. Мощности СЭС на продуктовом магазине хватает для обеспечения электроэнергией холодильников, осветительных приборов и кассового оборудования, на складе — для обеспечения электроэнергией холодильников и осветительных приборов.



##### Магазин автозапчастей в небольшом городе в Смоленской области.

Тариф на электроэнергию для МСП составляет более 9 рублей/кВт\*ч. Владелец магазина принял решение об установке микро-СЭС мощностью 18,6 кВт (60 солнечных модулей) на крыше здания, монтаж был осуществлен силами заказчика. В настоящее время СЭС обеспечивает до 70% потребления электроэнергии в магазине. Расходы на электроэнергию сократились вдвое.



### Частная пожарная станция в Ростовской области.

В 2019 году на пожарной станции была установлена микро-СЭС мощностью 117 кВт (324 солнечных модуля). Солнечные модули были размещены на грунте с помощью системы крепления на винтовых сваях. Расходы пожарной станции на электроэнергию сократились на несколько миллионов рублей в год. В дальнейшем владельцы намерены увеличить мощность СЭС до 400 кВт для снабжения электроэнергией прилегающих зданий.



### Горнолыжная база в Республике Алтай.

В 2019 году на крыше учебно-тренировочного центра была установлена микро-СЭС мощностью 80 кВт (216 солнечных модулей) с трекерами, которые позволяют вырабатывать больше электроэнергии за счет оптимизации угла наклона солнечных модулей, а также снижают потребность в очищении модулей от снега в зимний период. Тариф на сетевую электроэнергию составляет 7 рублей/кВт\*ч. По оценкам генерального подрядчика проекта, микро-СЭС окупится за 3-4 года.



### Магазин сетевой компании в Ростовской области.

Сетевая солнечная электростанция смонтирована в 2018 году. Она состоит из 36 солнечных модулей общей мощностью 10,8 кВт. СЭС обеспечивает снижение потребления электроэнергии холодильными камерами и кондиционерами.



### Частный дом в Московской области.

Установлена гибридная солнечная электростанция мощностью 5 кВт с нестандартным расположением солнечных модулей. Три инвертора мощностью 12 кВт каждый и массив аккумуляторов емкостью 1600 А\*ч обеспечивают бесперебойную работу электроприборов.



### База отдыха в Краснодарском крае.

В 2018 году смонтирована сетевая солнечная электростанция мощностью 21 кВт. За первые четыре месяца работы СЭС владельцы базы отдыха смогли сэкономить 72 тыс. рублей. Удалось увеличить суммарную мощность работающего оборудования.



### Частное подворье в Республике Татарстан.

В 2020 году установлена сетевая солнечная электростанция мощностью 23,5 кВт (72 солнечные панели), которая обеспечивает большой избыток электроэнергии в период с апреля по сентябрь включительно. В дальнейшем этот избыток планируется поставлять в сеть.



### Промышленное предприятие в Краснодаре.

В 2019 и 2020 гг., в два этапа, установлена сетевая солнечная электростанция мощностью 47 кВт (144 солнечные панели). Теперь собственная генерация компенсирует до 20% дневного потребления электроэнергии предприятием. Планируется дальнейшее увеличение мощности.



### Торговая база в Республике Калмыкия.

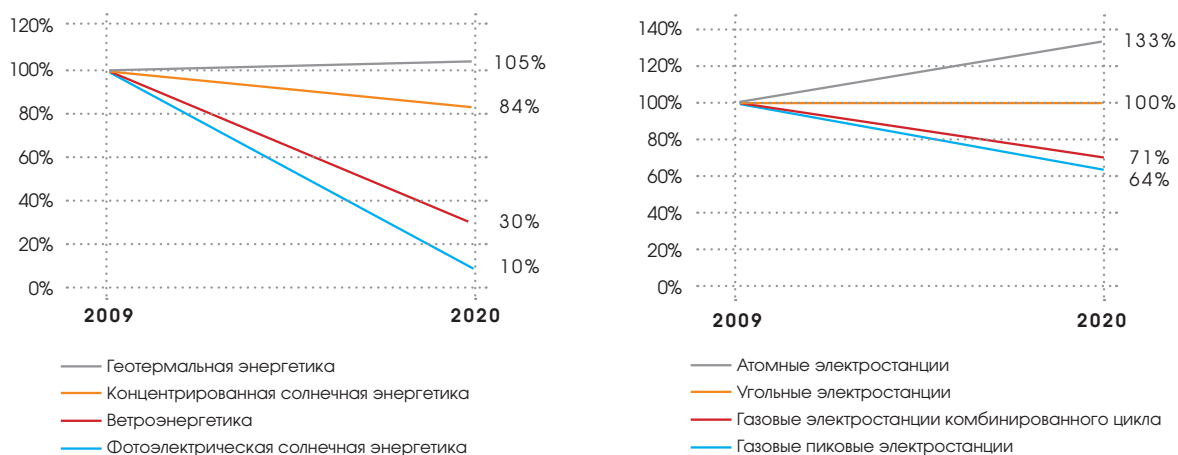
В 2020 году установлена сетевая солнечная электростанция мощностью 57,6 кВт (180 солнечных модулей). Текущий тариф на электроэнергию из сети превышает 10 рублей/кВт\*ч. Расходы заказчика на электроэнергию сократились на 800 тыс. рублей в год. Срок окупаемости СЭС оценивается в 4 года.



## 2. Экономика солнечной энергетики

В России принято считать, что любые возобновляемые источники энергии являются намного более дорогими, чем традиционная генерация на основе ископаемого топлива и атомной энергии. Это было справедливо 10 и более лет назад. Однако за последнее десятилетие стоимость производства 1 кВт\*ч электроэнергии с помощью солнечных панелей снизилась в 10 раз, за счет ветроэнергетических установок — втрое. Стоимость газовой генерации при этом снизилась лишь примерно на треть, стоимость угольной генерации осталась прежней, а производство электроэнергии на АЭС подорожало на треть (Рисунок 1). Производимая на больших электростанциях (мощностью 100 и более МВт) солнечная и ветровая электроэнергия в настоящий момент является самой дешевой в мире (Рисунок 2). Производство электроэнергии на микро-СЭС для домохозяйств и бизнеса (мощностью от нескольких киловатт до мегаватта) обходится дороже, чем на больших СЭС, однако его стоимость сопоставима со стоимостью традиционной генерации, а во многих случаях малая солнечная генерация обходится дешевле сетевой традиционной.

**Рисунок 1.** Динамика стоимости производства 1 кВт\*ч электроэнергии от возобновляемых и традиционных источников энергии в 2009-2020 гг. в мире (2009 г. — 100%)

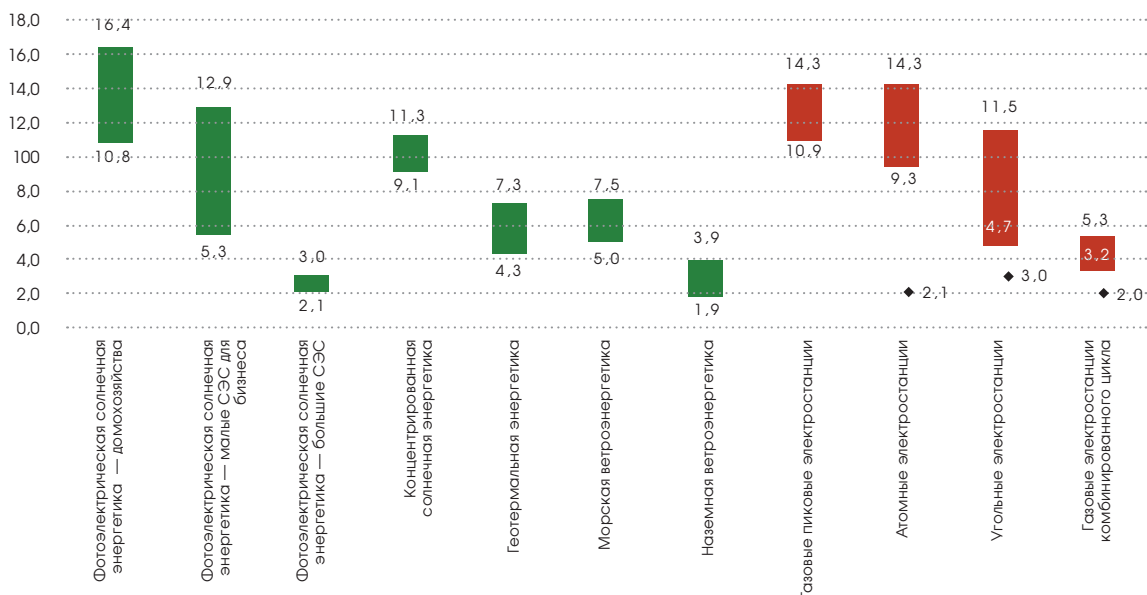


Источник: Lazard (2020). Lazard's levelized cost of energy analysis — version 14.0.

URL: <https://www.lazard.com/media/451419/lazards-levelized-cost-of-energy-version-140.pdf>.



**Рисунок 2.** Стоимость производства 1 кВт\*ч электроэнергии от возобновляемых и традиционных источников энергии в 2020 г. в мире, рублей



♦ Средние маржинальные издержки продолжения эксплуатации полностью амортизированного объекта традиционной генерации

**Источник:** Lazard (2020). Lazard's levelized cost of energy analysis — version 14.0.

URL: <https://www.lazard.com/media/451419/lazards-levelized-cost-of-energy-version-140.pdf>.

Фотоэлектрические технологии солнечной энергетики являются абсолютным лидером по снижению стоимости генерации среди всех технологий производства электроэнергии за последние 10 лет. Десятикратное снижение их стоимости за минувшее десятилетие было достигнуто за счет повышения эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую (в 2010-2019 гг. средний КПД<sup>12</sup> фотоэлектрических солнечных панелей возрос с 14% до 18%<sup>13</sup>), повышения эффективности использования материалов, автоматизации производства солнечных модулей и других факторов. Низкая стоимость фотоэлектрических технологий солнечной энергетики в значительной степени объясняет их растущую популярность в мире. Глобальные объемы установленных СЭС растут на 20-30% в год<sup>14</sup> — быстрее, чем в любом другом секторе электроэнергетики. Вторым важным фактором быстрого развития солнечной энергетики является возможность ее применения практически в любой точке земного шара. Распространенное в России убеждение о том, что для солнечной энергетики необходимо большое число солнечных дней или высокие уровни ин-

<sup>12</sup> Коэффициент полезного действия — процент солнечной энергии, попадающей на солнечную панель, который преобразуется в электрическую при стандартных условиях.

<sup>13</sup> IRENA (2020). Renewable power generation costs in 2019. URL: <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>.

<sup>14</sup> IRENA. Statistics Time Series. URL: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series>.





соляции, является мифом. За счет СЭС можно вырабатывать электроэнергию даже за полярным кругом, однако объемы выработки будут относительно невысокими, а стоимость такой генерации — высокой. Тем не менее, традиционные технологии производства электроэнергии (в частности, дизельная генерация) в условиях Заполярья иногда стоят дороже, чем солнечная генерация, что делает экономически целесообразным строительство СЭС даже в таких суровых условиях.

Несколько зарубежных аналитических центров собирают данные о стоимости производства электроэнергии за счет возобновляемых и традиционных источников уже более десятилетия, и в мире накоплена огромная база данных, содержащая экономические параметры тысяч реализованных проектов. Все эти данные свидетельствуют о том, что возобновляемая и, в частности, солнечная электроэнергетика в последние годы является полностью конкурентоспособной в сравнении с традиционной. В России, ввиду малых масштабов развития возобновляемой энергетики, попытки оценки стоимости производства электроэнергии за счет ВИЭ до сих пор были единичными. В частности, подобные оценки проводили ассоциация «НП Совет Рынка» (регулятор рынка электроэнергии) и Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), но лишь для субсидируемого рынка ВИЭ. Данное исследование является первой попыткой оценки стоимости производства электроэнергии за счет энергии солнца в России без государственных субсидий. В нем проводится оценка стоимости генерации 1 кВт\*ч солнечной электроэнергии на микро-СЭС, установленных на территории домохозяйств или небольших коммерческих и производственных объектов.

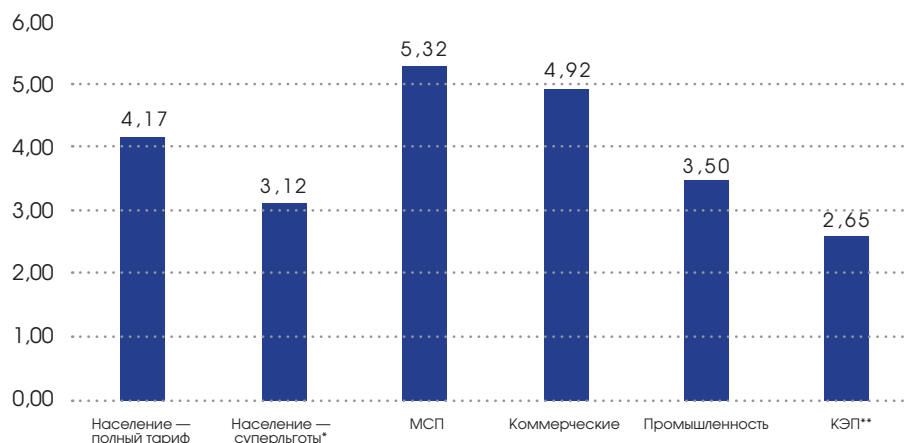
## **2.1. Тарифы на электроэнергию: динамика и ожидания**

Стоимость электроэнергии в России долгое время считалась одной из самых низких в мире. В целом, это пока еще действительно так, однако в последние годы в России наблюдается стабильный рост тарифов на электроэнергию, темпы которого нередко превышают уровень инфляции, а диапазон цен на электроэнергию для разных категорий российских потребителей и для разных регионов является широким. Это означает, что отдельные категории потребителей в определенных регионах платят гораздо больше средней цены и имеют экономические основания для поиска альтернатив сетевой электроэнергии.

Больше всего за электроэнергию в России приходится платить малому и среднему бизнесу: в 2020 году цена для крупных энергоемких предприятий в среднем составляла 2,65 рубля/кВт\*ч, для прочих промышленных предприятий — 3,50 рубля/кВт\*ч, в то время как для МСП — 5,32 рубля/кВт\*ч (Рисунок 3).



**Рисунок 3.** Цены на электроэнергию в 2020 году в России, по категориям потребителей, рублей/кВт\*ч



\* Население — суперльготы — сниженный тариф для населения, проживающего в негазифицированных многоквартирных домах и в объектах индивидуального жилищного строительства в сельской местности.

\*\* КЭП — квалифицированный энергоёмкий потребитель (прямые потребители Федеральной сетевой компании).

**Источник:** KPMG (2020). Перекрестное субсидирование в электроэнергетике России. Международный бенчмаркинг.

URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2020/07/ru-ru-cross-subsidies-in-the-russian-power-industry.pdf>.

Согласно данным РИА Рейтинг, по состоянию на конец 2019 — начало 2020 гг. среди 40 стран Европы стоимость электроэнергии для населения в России была одной из самых низких — 3,4 рубля/кВт\*ч. Более низкая стоимость наблюдалась лишь в Украине (2,3 рубля/кВт\*ч) и Казахстане (2 рубля/кВт\*ч). Для сравнения, в странах-лидерах рейтинга — Дании, Германии и Бельгии — значение этого показателя превышало 22 рубля/кВт\*ч. Однако в Дании, Германии и Бельгии стоимость электроэнергии для населения снижалась (соответственно на 6,3%, 4,2% и 2,6% по сравнению с предыдущим годом), а в России она увеличивалась (на 1,6%)<sup>15</sup>.

По данным Ассоциации «НП Сообщество потребителей энергии», до 2017 года российская промышленность платила за электроэнергию менее 5 центов/кВт\*ч, и эта цена была одной из самых низких по сравнению со странами Европы и США. Однако в 2017 году цена на электроэнергию для промышленности выросла до 5,7 центов/кВт\*ч, что оказалось выше соответствующего уровня цен в шести штатах США, Норвегии, Швеции и Турции<sup>16</sup>. В 2019 году конечная цена для промышленных предприятий в России возросла на 6%, до 4,6 рублей/кВт\*ч (7 центов/кВт\*ч), и этот прирост вдвое превысил инфляцию (3%). Конечные цены на электроэнергию для про-

<sup>15</sup> РИА Рейтинг (2020). Рейтинг стран Европы по доступности электроэнергии — 2020.

URL: <https://riarating.ru/infografika/20200623/630172799.html>.

<sup>16</sup> Ассоциация «НП Сообщество потребителей энергии» (2018). Средняя цена электроэнергии для промышленности в России в 2018 году превысит соответствующий уровень цен в 15 штатах США и 6 странах Евросоюза.

URL: <https://www.np-ace.ru/news/partnership/1057/>.



мышленности в России в 2019 году были выше, чем в США, Норвегии и трех странах Европейского Союза — Франции, Бельгии и Швеции<sup>17</sup>.

Наиболее высокие тарифы на электроэнергию для промышленности характерны для Ростовской, Нижегородской области, Краснодарского края — в этих регионах предприятия в среднем платят 7-8 рублей/кВт\*ч (в Краснодарском крае — до 11 рублей/кВт\*ч). Стоимость электроэнергии для промышленности превышает 6 рублей/кВт\*ч в Курганской, Белгородской, Оренбургской областях. При этом в Иркутской области предприятия платят за электроэнергию всего около 3 рублей/кВт\*ч. То есть, ценовой разброс между регионами для предприятий является существенным. Также большим он является и для домохозяйств. В Чукотском автономной округе, Магаданской области, Камчатском крае и Республике Саха (Якутия) в 2019 году население платило 6-8 рублей/кВт\*ч, в то время как в Иркутской области — всего лишь 1 рубль/кВт\*ч<sup>18</sup>.

В сентябре 2020 года Министерство экономического развития опубликовало прогноз социально-экономического развития России на 2021-2023 гг.<sup>19</sup>, согласно которому, регулируемые тарифы на электроэнергию для населения будут расти на 5% ежегодно. Рост нерегулируемых цен для конечных потребителей кроме населения на розничном рынке электроэнергии в 2021 году в среднем составит 5,6%, а в 2022-2023 гг. — от 2,9% до 3,5%. Инфляция в конце 2021 года ожидается на уровне 3,7%, затем предполагается ее возвращение к целевому уровню Банка России — 4%. Таким образом, тарифы на электроэнергию в России в ближайшее время будут расти, для отдельных категорий потребителей и в отдельные периоды с темпами выше инфляции. Это будет вынуждать домохозяйства искать альтернативные, более дешевые источники электроснабжения, и в ряде случаев микро-СЭС могут стать подходящим решением.

## 2.2. Методика оценки стоимости электроэнергии

Стоимость производства электроэнергии от любого источника принято оценивать с помощью показателя приведенной стоимости энергии (*Levelized cost of energy — LCOE*) — средней расчетной стоимости производства одной единицы электроэнергии с учетом полных затрат в течение всего жизненного цикла электростанции. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

<sup>17</sup> Ассоциация «НП Сообщество потребителей энергии» (2020). Электроэнергия для промышленности в Европе и США в 2019 году подешевела, а в России подорожала в два раза выше инфляции.  
URL: <https://www.np-ace.ru/news/partnership/1466/>.

<sup>18</sup> РИА Рейтинг (2019). Рейтинг регионов по доступности электроэнергии для населения.  
URL: <https://ria.ru/20190902/1558070821.html>.

<sup>19</sup> Министерство экономического развития РФ (2020). Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов.  
URL: [https://economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy\\_socialno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya\\_rf\\_na\\_2021\\_god\\_i\\_na\\_planovyy\\_period\\_2022\\_i\\_2023\\_godov.html](https://economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_na_2021_god_i_na_planovyy_period_2022_i_2023_godov.html).



$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + O\&M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_1(1-d)^{t-1}}{(1+r)^t}}, \text{ где}$$

$I_t$  — инвестиции в году  $t$ ,

$O\&M_t$  — операционные расходы в году  $t$ ,

$F_t$  — расходы на топливо в году  $t$  (для любых ВИЭ кроме биоэнергетики равны нулю),

$E_1$  — производство электроэнергии в первый год эксплуатации,

$r$  — ставка дисконтирования,

$n$  — срок эксплуатации электростанции,

$d$  — снижение выработки электростанции.

Далее в исследовании приводятся основные предпосылки и результаты расчетов показателя LCOE для микро-СЭС в регионах России, которые полностью или частично находятся южнее 60-й параллели северной широты<sup>20</sup>.

### 2.2.1. Капитальные затраты

*Сетевая солнечная электростанция состоит из следующих элементов:*

**Фотоэлектрические модули** — полупроводниковые устройства, преобразующие солнечную энергию в постоянный электрический ток.

**Инверторы** — устройства, преобразующие постоянный электрический ток в переменный.

**Солнечные кабели** — кабели с двухслойной изоляцией, которая защищает медные жилы кабеля от любых воздействий окружающей среды, таких как осадки, перепады температуры, ультрафиолетовое излучение.

**Коннекторы** — устройства для соединения фотоэлектрических модулей в одну электрическую цепь.

**Распределительное устройство (электрический щит)** — устройство, распределяющее электроэнергию в здании.

Автономная солнечная электростанция также включает в себя аккумуляторные батареи и контроллеры заряда аккумулятора (распределяют электроэнергию между накоплением и потреблением).

Помимо расходов на оборудование, капитальные затраты в солнечной энергетике также включают в себя расходы на опорные конструкции и монтажные работы. Стоимость опорных конструкций и монтажных работ составляет в среднем по 15% от стоимости оборудования (то есть, в совокупности 30%).

По данным компаний, представленных на российском рынке и предоставивших свои данные для исследования, капитальные затраты в сетевой малой солнечной энер-

<sup>20</sup> Это ограничение объясняется тем, что для расчета стоимости производства 1 кВт\*ч солнечной электроэнергии в исследовании используются оценки выработки электроэнергии фотоэлектрическими солнечными панелями из Глобального солнечного атласа, которые приведены только для регионов южнее 60-й параллели.



гетике с учетом стоимости опорных конструкций и монтажных работ составляют от 50 000 до 137 267 рублей в расчете на 1 кВт установленной мощности. При этом минимальные расходы в указанном диапазоне характерны для микро-СЭС для бизнеса мощностью от нескольких десятков киловатт, а максимальные — для микро-СЭС для домохозяйств мощностью в несколько киловатт.

### 2.2.2. Операционные затраты

Обслуживание СЭС заключается в контроле за работой основных ее компонентов и проведении технических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения сбоев и аварий. Техническое обслуживание СЭС обычно включает в себя:

- Плановое сервисное обслуживание электротехнического оборудования (чистка охлаждающих вентиляторов инверторов не менее 1 раза в год, в соответствии с паспортами на оборудование, проверка электрического соединения инверторов);
- Проверка электрических силовых кабелей на отсутствие порезов, трещин, признаков стирания изоляции;
- Проверка состояния металлоконструкций, резьбовых соединений, крепежных элементов, их затяжка при необходимости;
- Очистка панелей от снега, листьев, пыли — по мере необходимости.

В России распространен миф о том, что солнечные электростанции требуют частой очистки от снега или загрязнения. Необходимость очистки модулей от снега зависит от угла их наклона и региона. В большинстве природных зон очистка солнечных модулей от снега, пыли, листьев или мусора вообще не требуется. Установка солнечных панелей под углом более 30-35 градусов обеспечивает частичный естественный отвод снега за счет силы тяжести и без помощи человека или техники. Как правило, обычного дождя и других осадков достаточно для поддержания поверхности солнечных модулей в чистоте.

Операционные затраты солнечных электростанций (или затраты на их обслуживание) обычно составляют 0,5%-1,5% от капитальных затрат в год. В данном исследовании они принимаются равными 1 000 рублей в расчете на 1 кВт установленной мощности в год, что соответствует заявленному диапазону и данным компаний, присутствующих на российском рынке.

### 2.2.3. Прочие предпосылки

Сроки строительства СЭС любой мощности составляют от одного дня до нескольких месяцев. Установка СЭС в домохозяйстве может занять всего несколько часов. Короткие сроки строительства представляют собой существенное преимущество солнечной энергетики перед традиционной генерацией. Так, строительство атомных



и угольных электростанций в среднем занимает 5-6 лет, строительство газовых электростанций — 2 года. Таким образом, в модели расчета стоимости производства электроэнергии за счет энергии солнца все капитальные затраты осуществляются в нулевом году, а начиная с первого года электростанция начинает выработку электроэнергии.

Еще одно преимущество солнечной энергетики заключается в надежности оборудования. Солнечные электростанции не содержат движущихся конструкций (за исключением электростанций с трекерами<sup>21</sup>, которые не рассматриваются в данном исследовании), и поэтому они практически не подвержены поломкам. Причиной раннего вывода солнечных модулей из эксплуатации чаще всего является падение груза на модули с большой высоты и, как следствие, повреждение модулей. Такая ситуация может возникнуть, например, при размещении СЭС вблизи свалок, где птицы могут переносить тяжелый мусор и ронять его, или на территории предприятий с работающими кранами, экскаваторами и прочей техникой, которая может задеть солнечные модули. Также причиной выхода СЭС из строя может быть неправильное соединение элементов электростанции или непрофессионализм компании, осуществляющей строительство электростанции. На практике при условии правильного проектирования и качественной установки оборудования солнечные электростанции работают в течение 30-40 лет. В расчетах стоимости производства электроэнергии за счет энергии солнца срок эксплуатации солнечной электростанции обычно принимается равным 25-30 годам. Поскольку большинство компаний, представленных на российском рынке, заявляют о сроке эксплуатации СЭС в 25 лет, в данном исследовании он также принимается равным 25 годам.

Объем производства электроэнергии солнечной электростанцией зависит от эффективности (КПД) солнечных панелей и уровня инсоляции в регионе, в котором установлена электростанция. Оценки выработки электроэнергии типовыми солнечными модулями в регионах России были взяты в Глобальном солнечном атласе — проекте Всемирного банка и Международной финансовой корпорации<sup>22</sup>. На основе этих данных также был рассчитан оценочный коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) — отношение объема фактически выработанной электроэнергии к объему, который был бы выработан в том случае, если бы электростанция работала с номинальной мощностью в течение 24 часов в сутки 365 (366) дней в году. Чем выше значение показателя КИУМ, тем эффективнее используется установленная мощность: по сути, КИУМ показывает, какой процент всего времени в году электростанция работает с номинальной мощностью. Максимальное оценочное значение КИУМ в России наблюдается в Забайкальском крае — до 19,58%; также высокие значения характерны для Республики Бурятия (до 19,13%), Республики Алтай (до 18,42%), Амурской области (до 18,29%), Республики Тыва (до 18,08%), Приморского края (до 17,79%), Еврейской автономной области (до 17,54%), Иркутской области (до 17,25%), Хабаровского края (до 17,21%), Чеченской Республики (до 17,21%).

<sup>21</sup> Солнечный трекер — устройство, которое автоматически меняет угол наклона солнечной панели в зависимости от положения солнца, для повышения выработки электроэнергии солнечной панелью.

<sup>22</sup> Global Solar Atlas. URL: <https://globalsolaratlas.info/map>.





Солнечные панели подвержены деградации — небольшому снижению производительности с течением времени. Иными словами, со временем солнечная панель начинает производить меньше электроэнергии, чем в самом начале эксплуатации. По данным компаний, представленных на российском рынке, деградация солнечных панелей составляет 0,6% от выработки в год, что соответствует медианным значениям, представленным в международных исследованиях (0,5-0,6% в год)<sup>23</sup>. Поэтому в данном исследовании значение показателя деградации принимается равным 0,6% от выработки в год. При таком значении деградации после 25 лет работы производительность солнечных панелей снижается не более чем на 15%.

Средневзвешенная стоимость капитала в последнем исследовании Lazard принимается равной 7,7% в год для мира<sup>24</sup>, в последнем исследовании IRENA — 7,5% для стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и 10% — для Китая и остальных стран<sup>25</sup>. В настоящем исследовании средневзвешенная стоимость капитала принимается равной 10%, как в исследовании IRENA (т.к. Россия не входит в число стран ОЭСР).

Данное исследование, как и другие подобные исследования, имеет ряд ограничений. Во-первых, в нем не учитываются возможные дополнительные капитальные издержки, связанные с низким уровнем развития рынка солнечной энергетики в России. Например, во многих регионах отсутствуют квалифицированные специалисты, способные установить микро-СЭС или устранить неисправность в ее работе, и таких специалистов придется приглашать из других регионов, что повлечет за собой дополнительные издержки. Во-вторых, полученные результаты являются расчетными, и на практике они могут быть иными в зависимости от сложности проекта. В-третьих, далеко не всегда в подобных расчетах учитываются расходы на демонтаж и переработку компонентов электростанции после окончания срока ее эксплуатации. В данном исследовании они также не учитываются.

### 2.3. Стоимость солнечной электроэнергии в России

Результаты проведенных расчетов дают достаточно большой разброс значений стоимости производства солнечной электроэнергии — от 3,6 до 18,4 рублей/кВт\*ч (Таблица 1). При этом минимальное значение (3,6 рубля/кВт\*ч) возможно в случае микро-СЭС на предприятиях с установленной мощностью в несколько сотен киловатт в регионах с относительно высокой инсоляцией. Значения, наиболее близкие к максимальным оценочным значениям (18,4 рубля/кВт\*ч), могут встречаться в случае микро-СЭС для домохозяйств мощностью в несколько киловатт в регионах с низким уровнем инсоляции.

---

<sup>23</sup> Dirk C., Kurtz S., VanSant K., Newmiller J. (2016) Compendium of photovoltaic degradation rates,

Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Vol. 24, p. 978–989.

<sup>24</sup> Lazard (2020). Lazard's levelized cost of energy analysis — version 14.0.

URL: <https://www.lazard.com/media/451419/lazards-levelized-cost-of-energy-version-14.0.pdf>.

<sup>25</sup> IRENA (2020). Renewable power generation costs in 2019.

URL: <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>.





## Субъект РФ

## КИУМ

## LCOE

минимум

максимум

минимум

максимум

Алтайский край	13,0%	15,2%	4,6	13,3
Амурская область	11,2%	18,3%	3,8	15,5
Астраханская область	14,5%	15,8%	4,4	11,9
Белгородская область	13,3%	13,8%	5,1	13,1
Брянская область	12,4%	13,1%	5,4	14,0
Владимирская область	12,2%	12,7%	5,5	14,3
Волгоградская область	13,5%	14,7%	4,8	12,8
Вологодская область *	11,5%	12,2%	5,8	15,1
Воронежская область	13,2%	13,9%	5,0	13,2
Еврейская автономная область	14,8%	17,5%	4,0	11,7
Забайкальский край	10,2%	19,6%	3,6	17,0
Ивановская область	11,9%	12,5%	5,6	14,6
Иркутская область	10,1%	17,3%	4,1	17,1
Кабардино-Балкарская Республика	11,0%	16,9%	4,1	15,8
Калининградская область	11,8%	12,8%	5,5	14,8
Калужская область	12,4%	13,0%	5,4	14,0
Камчатский край	9,8%	15,9%	4,4	17,7
Карачаево-Черкесская Республика	11,8%	16,8%	4,2	14,8
Кемеровская область	12,0%	14,4%	4,9	14,5
Кировская область	11,5%	12,7%	5,5	15,1
Костромская область	11,6%	12,3%	5,7	15,0
Краснодарский край	12,4%	15,7%	4,5	14,0
Красноярский край	11,4%	15,5%	4,5	15,2
Курганская область	12,5%	13,7%	5,1	13,8
Курская область	13,0%	13,5%	5,2	13,3
Ленинградская область *	11,3%	12,0%	5,8	15,4
Липецкая область	12,9%	13,5%	5,2	13,5
Москва	12,0%	12,5%	5,6	14,5
Московская область	12,1%	12,8%	5,5	14,3
Нижегородская область	12,0%	12,8%	5,5	14,5
Новгородская область	11,3%	12,0%	5,9	15,3
Новосибирская область	12,5%	14,2%	4,9	13,9
Омская область	12,0%	13,8%	5,1	14,4
Оренбургская область	12,8%	14,8%	4,7	13,6
Орловская область	12,7%	13,3%	5,3	13,6
Пензенская область	12,7%	13,5%	5,2	13,6
Пермский край	11,3%	12,7%	5,5	15,4

Таблица 1. Коэффициент использования установленной мощности (%) и стоимость производства электроэнергии (рублей/кВт\*ч) на микро-СЭС в России, по регионам



# КИУМ

# LCOE



## Субъект РФ

## минимум

## максимум

## минимум

## максимум

Приморский край	13,5%	17,8%	3,9	12,9
Псковская область	11,3%	12,1%	5,8	15,3
Республика Адыгея	11,3%	15,5%	4,5	15,3
Республика Алтай	10,8%	18,4%	3,8	16,0
Республика Башкортостан	12,0%	14,6%	4,8	14,5
Республика Бурятия	10,0%	19,1%	3,7	17,3
Республика Дагестан	12,3%	18,2%	3,8	14,2
Республика Ингушетия	10,8%	16,2%	4,3	16,1
Республика Калмыкия	14,3%	15,2%	4,6	12,2
Республика Марий Эл	12,1%	12,8%	5,5	14,3
Республика Мордовия	12,5%	13,2%	5,3	13,9
Республика Северная Осетия - Алания	10,1%	16,4%	4,3	17,2
Республика Татарстан	12,3%	13,1%	5,3	14,2
Республика Тыва	11,8%	18,1%	3,9	14,8
Республика Хакасия	11,1%	15,3%	4,6	15,6
Ростовская область	13,8%	15,0%	4,7	12,6
Рязанская область	12,5%	13,1%	5,4	13,9
Самарская область	12,6%	14,0%	5,0	13,8
Санкт-Петербург	11,4%	11,8%	5,9	15,2
Саратовская область	13,1%	14,5%	4,8	13,3
Сахалинская область	9,4%	16,6%	4,2	18,4
Свердловская область	11,5%	13,3%	5,3	15,1
Смоленская область	11,8%	12,7%	5,5	14,8
Ставропольский край	13,5%	15,1%	4,6	12,9
Тамбовская область	12,9%	13,5%	5,2	13,5
Тверская область	11,5%	12,5%	5,6	15,1
Томская область*	12,0%	13,6%	5,2	14,5
Тульская область	12,6%	13,1%	5,4	13,8
Тюменская область	12,0%	13,4%	5,2	14,5
Удмуртская Республика	12,0%	12,8%	5,5	14,4
Ульяновская область	12,5%	13,7%	5,1	13,9
Хабаровский край	10,7%	17,2%	4,1	16,3
Челябинская область	12,1%	14,1%	5,0	14,3
Чеченская Республика	11,1%	17,2%	4,1	15,6
Чувашская Республика	12,2%	13,0%	5,4	14,3
Ярославская область	11,8%	12,5%	5,6	14,7
Россия	9,4%	19,6%	3,6	18,4

\* Южнее 60 градуса северной широты



Рисунок 4. Регионы России с самой дешевой солнечной генерацией

Стоимость производства электроэнергии на микро-СЭС  
может быть менее 5 рублей/кВт\*ч



Стоимость производства электроэнергии на микро-СЭС  
может быть менее 4 рублей/кВт\*ч



Расчеты произведены для территории южнее 60 градуса северной широты



На карте выше (Рисунок 4) представлены регионы с самой дешевой солнечной генерацией. В восьми регионах, выделенных желтым цветом, стоимость солнечной генерации (LCOE) может составлять менее 4 рублей/кВт\*ч, что по состоянию на начало 2021 года является минимальной возможной ценой на данном рынке в России. Во всех этих регионах стоимость электроэнергии для малого и среднего бизнеса для максимальной мощности потребления 670 кВт на низком напряжении в первой ценовой категории<sup>26</sup> превышает 4 рубля/кВт\*ч. Стоимость электроэнергии для населения в этих регионах относительно невысока и составляет около 4 рублей/кВт\*ч (т.е. тариф для населения приблизительно равен минимально возможной стоимости солнечной генерации). Исключение составляют Республика Дагестан, где население платит всего 2,6 рубля/кВт\*ч, и Республика Алтай, где население платит вдвое больше — 5,2 рубля/кВт\*ч. Еще в 26 регионах, выделенных на карте оранжевым цветом, солнечная электроэнергия может стоить менее 5 рублей/кВт\*ч.

Представленные выше результаты расчетов являются оценочными. Что касается реальных проектов, то стоимость производства 1 кВт\*ч за счет энергии солнца в России начинается примерно от 4 рублей. Так, по данным одной из компаний, предоставивших данные для исследования, приведенная стоимость электроэнергии на одном из ее объектов в Краснодарском крае при ставке дисконтирования 7% годовых, КИУМ 16%, сроке эксплуатации 25 лет и снижении выработки 0,6% в год составила 4,04 рубля/кВт\*ч, а на одном из объектов в Ростовской области при КИУМ 15% и прочих равных условиях — 3,80 рублей/кВт\*ч.

---

<sup>26</sup> Большинство предприятий с мощностью менее 670 кВт рассчитываются по первой ценовой категории (но могут выбрать любую из шести ценовых категорий).





### 3. Перспективы развития солнечной микрогенерации в России

В конце 2019 года в России был принят федеральный закон №471 «О внесении изменений в ФЗ «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации». В соответствии с ним, потребители электроэнергии могут стать по совместительству ее производителями или просьюмерами<sup>27</sup>, установив на своей крыше или территории объект микрогенерации и подключив его к сети. Установленная мощность такого объекта не ограничивается законом, однако выдача генерирующей мощности в сеть ограничена 15 кВт. Гарантирующие поставщики обязаны покупать излишки электроэнергии, произведенной микрогенерирующими установками. Продажа такой электроэнергии не считается предпринимательской деятельностью. В соответствии с принятым в конце 2019 года федеральным законом №459 «О внесении изменений в статью 217 части второй Налогового кодекса Российской Федерации», доходы от продажи излишков электроэнергии, произведенных объектами микрогенерации, не будут облагаться налогом для физических лиц до 2029 года.

*Объект микрогенерации — «объект по производству электрической энергии, принадлежащий на праве собственности или ином законном основании потребителю электрической энергии, энергопринимающие устройства которого технологически присоединены к объектам электросетевого хозяйства с уровнем напряжения до 1000 вольт, функционирующий в том числе на основе использования возобновляемых источников энергии и используемый указанным потребителем для производства электрической энергии в целях удовлетворения собственных бытовых и (или) производственных нужд, а также в целях продажи в порядке, установленном основными положениями функционирования розничных рынков, в случае, если объем выдачи электрической энергии таким объектом по производству электрической энергии в электрическую сеть не превышает величину максимальной присоединенной мощности энергопринимающих устройств указанного потребителя и составляет не более 15 киловатт и если для выдачи электрической энергии такого объекта в электрическую сеть не используется электрическое оборудование, предназначенное для обслуживания более одного помещения в здании, в том числе входящее в состав общего имущества многоквартирного дома».*

Федеральный закон от 27.12.2019 №471  
«О внесении изменений в Федеральный закон  
«Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации»

<sup>27</sup> Просьюмер — потребитель, который одновременно является производителем.



Закон не конкретизирует источники генерации. То есть, теоретически источник энергии может быть любым, но на практике будет оправдана только солнечная микрогенерация. Стоимость производства электроэнергии на основе дизельного топлива, бензина или природного газа в домашних условиях будет выше оптовой цены из-за необходимости приобретения топлива по розничным ценам и осуществления технического обслуживания, которое для малой установленной мощности будет обходиться существенно дороже, чем для крупных объектов. Стоимость производства электроэнергии за счет энергии солнца (LCOE) также будет выше оптовой цены, однако маржинальные издержки солнечной генерации являются нулевыми. Это означает, что для производства 1 кВт\*ч дополнительной электроэнергии на уже построенной солнечной электростанции необходимо понести нулевые расходы. Микро-ветрогенерация не является распространенной в мире. Малые ветроэнергетические установки мощностью несколько киловатт не пользуются высоким спросом, хотя производителей таких установок достаточно много, и среди них есть российские компании. Такие установки подвержены частым поломкам ввиду наличия в них движущихся частей. Многие из них плохо работают в холодном климате. Прочие технологии ВИЭ являются еще менее применимыми в условиях домохозяйства.

Постановлением правительства РФ от 18 апреля 2020 года №554 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам совершенствования организации учета электрической энергии» обязанность организации раздельного почасового учета производства и потребления электроэнергии на объектах генерации перекладывается с владельцев генерирующего оборудования на сетевые организации. Данное положение распространяется и на владельцев объектов микрогенерации. Это означает, что сетевая организация обязана оборудовать объекты микрогенерации двунаправленными счетчиками.

Подключение объекта микрогенерации к сети было возможно и ранее, однако этот процесс не был стандартным, и по этой причине потенциальный заявитель, во-первых, не знал, с какими заявлениями ему обращаться к сетевой организации, а во-вторых, в случае обращения чаще всего получал отказ.

Стоимость технологического присоединения объектов микрогенерации как для физических, так и для юридических лиц не превысит 550 рублей. Срок техприсоединения составит не более 1 месяца, если энергопринимающие устройства заявителя мощностью до 15 кВт уже подключены к сети, не более 6 месяцев, если энергопринимающие устройства еще не подключены, и подключение осуществляется к сетям с напряжением до 20 кВ при расстоянии от сетей до участка заявителя не более 300 метров в городах и поселках городского типа и не более 500 метров в



сельской местности, не более 1 года — во всех иных случаях. Разработаны типовые формы заявки на технологическое присоединение и договора о технологическом присоединении. Что касается стоимости, по которой гарантирующие поставщики будут приобретать электроэнергию у микрогенераторов, то закон о микрогенерации (№471-ФЗ) ограничивает ее ценой на приобретаемые на оптовом рынке гарантирующими поставщиками электроэнергию и мощность — то есть, она будет в 1,5-2 раза ниже розничной цены, которую потребитель платит за потребление электроэнергии из сети.

Закон о микрогенерации не позволит заработать на солнечной микрогенерации, однако он позволит сэкономить на ней и создаст условия для удобного перехода домохозяйств и МСП на ВИЭ. В частности, подключая свои микро-СЭС к сети, домохозяйства и МСП будут лишены необходимости приобретать аккумуляторы. При этом поставка излишков электроэнергии в сеть будет обеспечивать их минимальным доходом. Например, на юге России микрогенераторы смогут продавать излишки электроэнергии по цене до 2,5-3 рублей/кВт\*ч. Благодаря закону о микрогенерации и связанным с ним подзаконным актам, затраты на электроэнергию, отопление и горячую воду в частных домах могут сократиться до нуля, если домохозяйство имеет тепловой насос и солнечную электростанцию с правом продажи электроэнергии в сеть. В условиях юга России с конца марта до середины ноября на продаже излишков электроэнергии можно будет заработать объем средств, который по итогам года позволит компенсировать затраты на электроэнергию из сети в период с середины ноября до начала марта.



## Заключение

Вопреки распространенному мнению, солнечная энергетика может быть конкурентоспособна в России уже сейчас. Как показало проведенное исследование, стоимость производства электроэнергии за счет энергии солнца в России в начале 2021 года составляет от 3,6 до 18,4 рублей/кВт\*ч. Минимальное в указанном диапазоне значение (3,6 рубля/кВт\*ч) возможно в случае микро-СЭС для бизнеса с установленной мощностью в несколько сотен киловатт в регионах с относительно высокой инсоляцией. Значения, близкие к верхней границе диапазона (18,4 рубля/кВт\*ч), возможны в случае микро-СЭС для домохозяйств мощностью в несколько киловатт в регионах с относительно низкой инсоляцией.

Во многих российских регионах стоимость производства 1 кВт\*ч электроэнергии на микро-СЭС может составлять 4-5 рублей, при том что полный тариф на сетевую электроэнергию для населения составляет в среднем 4,17 рубля, для малого и среднего бизнеса — 5,32 рубля. В ряде регионов МСП платят за электроэнергию более 7-8 рублей, и в таком случае строительство собственной микро-СЭС позволяет добиться существенной экономии, особенно если объект находится на юге страны. Наиболее перспективными в плане развития несубсидируемой солнечной энергетике являются регионы с высоким уровнем инсоляции — Амурская область, Еврейская автономная область, Забайкальский край, Приморский край, Республика Алтай, Республика Бурятия, Республика Дагестан, Республика Тыва. В этих регионах солнечная генерация может обойтись менее чем в 4 рубля/кВт\*ч. Еще более перспективны регионы с высокой стоимостью сетевой электроэнергии и относительно высокими уровнями инсоляции, такие как Ростовская область и Краснодарский край. Также целесообразно развитие солнечной генерации в регионах с относительно невысоким уровнем инсоляции, таких как Московская и Ленинградская области, где наблюдаются высокие тарифы на электроэнергию для МСП, а население



предъявляет спрос на снижение ущерба окружающей среде и является склонным к инновациям. В регионах с низкой доступностью электроэнергии, таких как Республика Калмыкия, Адыгея, Алтай, солнечная генерация часто является одной из многих экономических альтернатив сетевой электроэнергии.

Основными барьерами перехода на солнечную энергетику в России являются низкая стоимость традиционной сетевой электроэнергии для некоторых категорий потребителей, относительно высокие начальные (инвестиционные) затраты при строительстве СЭС, отсутствие специализированных банковских продуктов, сложности с поставкой электроэнергии от микро-СЭС в сеть, недостаточная компетентность энергетиков, отсутствие технического регулирования, а также информационные барьеры (распространенность предубеждений относительно солнечной генерации).

Однако в настоящее время в России наблюдается рост тарифов на сетевую электроэнергию, который вряд ли прекратится в обозримом будущем. При этом солнечная электроэнергия во многих случаях уже может быть конкурентоспособной, и ее стоимость продолжает снижаться за счет развития технологий. Ряд потребителей электроэнергии уже получили благоприятный опыт использования СЭС, что способствует горизонтальной популяризации солнечной энергетики. Часть жителей страны и некоторые малые и средние предприятия предъявляют спрос на менее вредные для окружающей среды технологии, к которым относится солнечная энергетика. Кроме того, в ближайшее время в России станет возможна микрогенерация с поставкой излишков электроэнергии в сеть. Все это формирует условия для грядущего стремительного развития солнечной энергетики в России.



## Терминологический словарь

**Автономные солнечные электростанции** — электростанции без подключения к сети, которые работают с системами накопления энергии.

**Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)** — источники, энергия которых считается неисчерпаемой: солнце, ветер, вода, геотермальные источники, биотопливо.

**Гибридные солнечные электростанции** — электростанции, которые работают совместно с сетью, но в их составе есть хотя бы одна аккумуляторная батарея. Такие электростанции «подмешивают» к солнечной электроэнергии недостающую электроэнергию из сети и выступают в качестве резерва при отключении сетевого электричества.

**Деградация солнечных панелей** — незначительное (около 0,6% в год) снижение производительности солнечных панелей с течением времени.

**Декарбонизация** — сокращение выбросов парниковых газов (углекислого газа, метана и др.), которые накапливаются в атмосфере и приводят к глобальному потеплению.

**Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ)** — отношение фактически выработанной электроэнергии к установленной мощности электростанции за определенный период времени, обычно год. Показатель эффективности работы электростанции.

**Объект микрогенерации** — «объект по производству электрической энергии, принадлежащий на праве собственности или ином законном основании потребителю электрической энергии, энергопринимающие устройства которого технологически присоединены к объектам электросетевого хозяйства с уровнем напряжения до 1000 вольт, функционирующий в том числе на основе использования возобновляемых источников энергии и используемый указанным потребителем для производства электрической энергии в целях удовлетворения собственных бытовых и (или) производственных нужд, а также





в целях продажи в порядке, установленном основными положениями функционирования розничных рынков, в случае, если объем выдачи электрической энергии таким объектом по производству электрической энергии в электрическую сеть не превышает величину максимальной присоединенной мощности энергопринимающих устройств указанного потребителя и составляет не более 15 киловатт и если для выдачи электрической энергии такого объекта в электрическую сеть не используется электрическое оборудование, предназначенное для обслуживания более одного помещения в здании, в том числе входящее в состав общего имущества многоквартирного дома» (в соответствии с ФЗ от 27.12.2019 №471 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации»).

**Приведенная стоимость энергии (Levelized cost of energy — LCOE)** — средняя расчетная стоимость производства одной единицы электроэнергии с учетом полных затрат в течение всего жизненного цикла электростанции.

**Просьюмер** — потребитель, который одновременно является производителем. В энергетическом секторе просьюмер имеет собственные объекты генерации. Такой потребитель отдает излишки произведенной электроэнергии в сеть во время избыточной собственной генерации и потребляет электроэнергию из сети во время недостаточной собственной генерации.

**Сетевые солнечные электростанции** — электростанции, которые работают параллельно с централизованной электросетью.

**Солнечный трекер** — устройство, которое автоматически меняет угол наклона солнечной панели в зависимости от положения солнца, для повышения выработки электроэнергии солнечной панелью.

**Уровень инсоляции** — усредненное количество солнечной энергии, попадающее на квадратный метр поверхности земли в сутки, один из основных показателей в солнечной энергетике.



## Список участников проекта, предоставивших данные или принявших участие в интервью:

**Александр Баделин**, генеральный директор ООО «Активити»

**Николай Дрига**, технический директор группы компаний «СолнцаДом»

**Алексей Жуйков**, генеральный директор ООО «Энергия солнца»

**Юрий Коларж**, руководитель направления продаж энергоэффективных решений и ВИЭ Schneider Electric

**Андрей Кулаков**, основатель ассоциации участников рынков энергии «Цель номер семь»

**Илья Лихов**, основатель и генеральный директор ООО «Неосан Энерджи Рус»

**Николай Попов**, генеральный директор ООО «Хевел Ритейл»

**Алексей Скоробатюк**, генеральный директор ООО «Новый полюс»

**Николай Столяров**, руководитель направления «Солнечная энергетика» ООО «Рэд Энерджи»

**Андрей Темеров**, председатель ассоциации специалистов ВИЭ «Зеленый киловатт», директор ООО «АльтЭнергия»



## Список литературы

- 1)** Dirk C., Kurtz S., VanSant K., Newmiller J. (2016) Compendium of photovoltaic degradation rates, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Vol. 24, p. 978–989.
- 2)** Ember (2020). Wind and solar now generate one-tenth of global electricity.  
URL: <https://ember-climate.org/project/global-electricity-h12020/>.
- 3)** Global Solar Atlas. URL: <https://globalsolaratlas.info/map>.
- 4)** Greenpeace (2020). Верят ли россияне в климатический кризис?  
URL: <https://climate.greenpeace.ru/veryat-li-rossiyane-v-climaticheskiy/>.
- 5)** IRENA (2020). Power generation costs. Solar power.  
URL: <https://www.irena.org/costs/Power-Generation-Costs/Solar-Power>.
- 6)** IRENA (2020). Renewable power generation costs in 2019.  
URL: <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>.
- 7)** IRENA. Statistics Time Series.  
URL: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series>.
- 8)** KPMG (2020). Перекрестное субсидирование в электроэнергетике России.  
Международный бенчмаркинг.  
URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2020/07/ru-ru-cross-subsidies-in-the-russian-power-industry.pdf>.
- 9)** Lazard (2020). Lazard’s levelized cost of energy analysis — version 14.0.  
URL: <https://www.lazard.com/media/451419/lazards-levelized-cost-of-energy-version-140.pdf>.
- 10)** Neosun Energy (2020). Исследование популярности солнечной энергетики среди  
российского бизнеса с 2014 по 2019 гг.  
URL: [https://neosun.com/wp-content/uploads/2020/02/Russian-corporate-solar-market-research-2020.pdf?fbclid=IwAR1D5PDSODBJ\\_ONX38L0aCDYoSiy7s1KJJ11vAJ0Hu-U1gRYZYDvu6KgmhQ](https://neosun.com/wp-content/uploads/2020/02/Russian-corporate-solar-market-research-2020.pdf?fbclid=IwAR1D5PDSODBJ_ONX38L0aCDYoSiy7s1KJJ11vAJ0Hu-U1gRYZYDvu6KgmhQ).
- 11)** REN21 (2020). Renewables 2020. Global status report.  
URL: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2020\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf).



**12)** Solar Trade Association (2019). 40 GW by 2030? The UK solar PV market outlook.

URL: <https://www.solar-trade.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/STA-2030-Deployment-forecast-final.pdf>.

**13)** Solar Trade Association (2019). 40 GW by 2030? The UK solar PV market outlook.

URL: <https://www.solar-trade.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/STA-2030-Deployment-forecast-final.pdf>.

**14)** UK Government (2020). Solar photovoltaics deployment.

URL: <https://www.gov.uk/government/statistics/solar-photovoltaics-deployment#history>.

**15)** Ассоциация «НП Сообщество потребителей энергии» (2018). Средняя цена электроэнергии для промышленности в России в 2018 году превысит соответствующий уровень цен в 15 штатах США и 6 странах Евросоюза.

URL: <https://www.np-ace.ru/news/partnership/1057/>.

**16)** Ассоциация «НП Сообщество потребителей энергии» (2020). Электроэнергия для промышленности в Европе и США в 2019 году подешевела, а в России подорожала в два раза выше инфляции.

URL: <https://www.np-ace.ru/news/partnership/1466/>.

**17)** Министерство экономического развития РФ (2020). Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов.

URL: [https://economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy\\_socialno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya/prognosz\\_socialno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya\\_rf\\_na\\_2021\\_god\\_i\\_na\\_planovyy\\_period\\_2022\\_i\\_2023\\_godov.html](https://economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/prognosz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_na_2021_god_i_na_planovyy_period_2022_i_2023_godov.html).

**18)** РИА Рейтинг (2019). Рейтинг регионов по доступности электроэнергии для населения.

URL: <https://ria.ru/20190902/1558070821.html>.

**19)** РИА Рейтинг (2020). Рейтинг стран Европы по доступности электроэнергии — 2020.

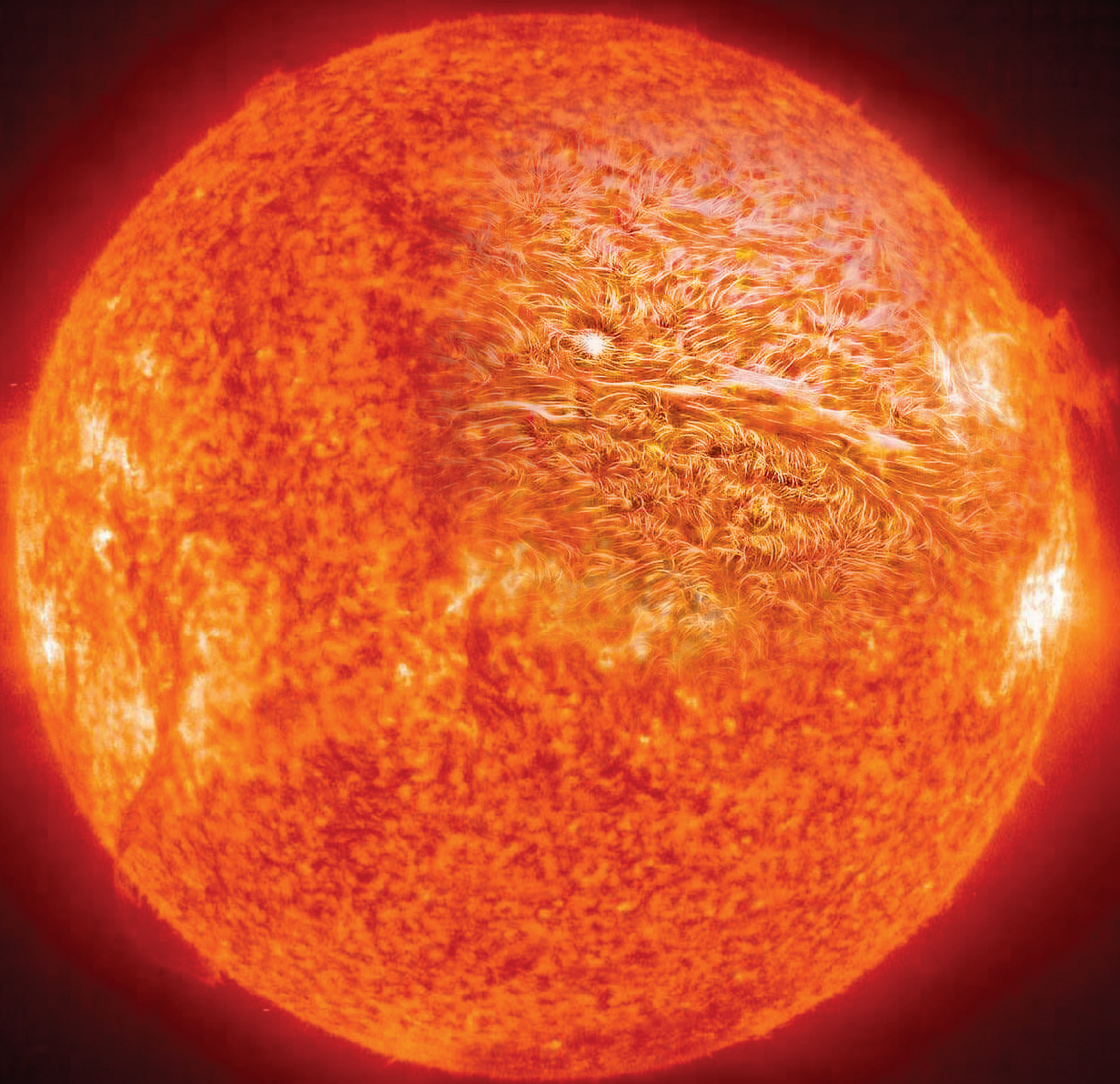
URL: <https://riarating.ru/infografika/20200623/630172799.html>.

**20)** Системный оператор единой энергетической системы (2020). Единая энергетическая система России.

URL: <https://so-ups.ru/functioning/ees/ees-2020/>.







Март 2021 / Москва