

УДК 338.3

JEL Q43

DOI: <http://doi.org/10.25728/econbull.2022.1.8-lazanyuk>

МИКРОГЕНЕРАЦИИ В РОССИИ: БАРЬЕРЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ

Лазанюк Инна Васильевна

*Российский университет дружбы народов, Москва, Россия,
e-mail: lazanyuk-iv@rudn.ru; SPIN-код: 5482-3907; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1834-3154>*

Ратнер Светлана Валерьевна

*Институт проблем управления РАН, Москва, Россия,
e-mail: lanarat@ipu.ru; SPIN-код: 7840-4282; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>*

Аннотация: Несмотря на поддержку технологий микрогенерации энергии со стороны правительства России, потребительский интерес к микрогенерации остается низким. В этой статье анализируется текущее понимание мотивов и барьеров, влияющих на внедрение микрогенерации, а также изучаются возможности устранения или минимизации барьеров. Результаты проведенного исследования предложений на рынке оборудования и услуг в сфере микрогенерации свидетельствуют о том, что принятие нового закона, позволяющего продавать излишки в сеть, не увеличили существенно спрос среди домохозяйств и предприятий малого бизнеса, так как данные меры государственной политики не учитывают в достаточной мере наиболее серьезное препятствие – высокие капитальные затраты и большой срок окупаемости. Экологическая польза пока что не является настолько значимой мотивацией, чтобы потребители были готовы платить за это дополнительно.

Ключевые слова: микрогенерация, ВИЭ, Россия, децентрализованная энергетика, внедрение технологий, потребительское поведение, энергетическая устойчивость

MICROGENERATION IN RUSSIA: BARRIERS TO DEVELOPMENT

Lazanyuk Inna Vasilievna

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia,
e-mail: lazanyuk-iv@rudn.ru; SPIN-код: 5482-3907;
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1834-3154>*

Ratner Svetlana Valerievna

*Institute of Control Science, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
e-mail: lanarat@ipu.ru; SPIN code: 7840-4282;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>*

Abstract: Despite support from the Russian government to stimulate the introduction of microgeneration technologies, consumer interest remains low. This article analyzes the current understanding of the motivations and barriers affecting the adoption of microgeneration in order

to identify opportunities for improved adoption. The findings show that the adoption of a new law allowing the sale of surplus to the network did not significantly increase demand among households and small businesses. Public policy measures do not adequately take into account the most serious obstacle as capital costs and long payback periods. The environmental benefit may seem like a strong motivation for installation, but consumers are not willing to pay extra for it.

Keywords: microgeneration, RES, Russia, decentralized energy, technology adoption, consumer behavior, energy sustainability

Введение. Для достижения целей ООН в области устойчивого развития, и для решения проблемы изменения климата в соответствии с Парижским соглашением необходим переход на производство возобновляемой энергии. По оценкам, для достижения этих целей доля возобновляемых источников энергии в мировом производстве электроэнергии должна составить 85% к 2050 году и обеспечить около двух третей общего производства энергии [1]. Внедрение новых возобновляемых источников энергии, таких как ветряные турбины, фотоэлектрические панели или биомасса, может помочь контролировать выбросы углерода и способствовать устойчивому росту энергетики [2]. Использование распределенных возобновляемых источников энергии для бытового потребления энергии в ближайшем будущем увеличится из-за таких преимуществ, как возможность чистой и бесконечной генерации энергии. Эта тенденция позволяет более эффективно потреблять энергию из-за снижения потерь при передаче и зависимости бытовых приборов от сети [3].

Переход к децентрализованной энергетике является мировым энергетическим трендом. Основная идея состоит в продвижении новых экологических технологий производства энергии и снижении расходов на обеспечение собственных потребностей физическим лицам, домохозяйствам, а также малому бизнесу. Однако, несмотря на то, что производство возобновляемой энергии обещает поэтапный отказ от ископаемого топлива, оно представляет новые вызовы обществу. Ископаемое топливо поддается контролю, в отличие от большинства возобновляемых источников энергии, например, солнце невозможно заставить светить ярче. Перебои в производстве электроэнергии в сочетании с ограничениями пропускной способности сети означают, что существует больший риск нехватки электроэнергии, когда пики спроса на электроэнергию сталкиваются с низким производством возобновляемой энергии [4].

Однако, при интеграции объектов солнечной и ветровой генерации в единую энергосистему возникает целый ряд вопросов и проблем организационного и экономического характера [5]. Количество потребителей, производящих электроэнергию в домашних условиях, во многих странах Европы стремительно увеличивается. Осведомленность об энергетической системе возросла среди всех потребителей, но не привела к существенным изменениям роста числа потребителей. Домохозяйства, увеличившие потребление, обосновывали это доступом к «бесплатной» электроэнергии [6].

Продвижение экологически чистой энергии требует нахождения правильного баланса между экономическими, социальными и экологическими факторами, поскольку технологии производства возобновляемой энергии часто являются более дорогостоящими, чем традиционные, и предполагают

дополнительные требования к их эксплуатации. Измерение показателя «готовность платить» (ГП) может быть очень полезным инструментом для выявления возможностей развития возобновляемых источников энергии с учетом множества определяющих факторов. Такой подход действительно отражает предпочтения потребителей энергии в отношении различных технологий возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и представляет их в денежном выражении. Так, например, немаркированный эксперимент с дискретным выбором, проведенный в Литве, показал, что владельцы частных домов в домохозяйствах Литвы готовы платить за технологии на основе солнечной энергии в то время как два других варианта: ветряные турбины и биомасса менее желательны [7]. В работе [8] отмечается фундаментальная зависимость компаний-установщиков от государственных финансовых стимулов и от действующей схемы обеспечения качества. Авторы отмечают, что доверие рынка было подорвано резким снижением льготного тарифа для жилых солнечных фотоэлектрических систем.

В статье [9] проанализировано понимание мотивов и барьеров, влияющих на внедрение микрогенерации, с целью выявления возможностей для более широкого распространения данных технологий. Основными стимулами развития микрогенерации являются льготные тарифы, благодаря которым удалось увеличить потребление. Однако государственные стимулы должны учитывать в достаточной мере наиболее серьезное препятствие, которым являются капитальные затраты.

Результаты исследований [10,11] показали, что построение рекламных стратегий, влияние общества, осведомленность клиентов и инициатива правительства играют важную роль в формировании у клиентов намерения приобрести солнечные фотоэлектрические технологии. В то время, факторы, связанные с заботой об окружающей среде и доступностью, и стоимостью, оказали незначительное влияние. Авторы из Ирландии оценивали готовность платить за технологии микрогенерации и относительное влияние субъективного восприятия потребителей. Они показали, что владельцы домов придерживаются разных взглядов на соответствующие технологии, которые значительно влияют на их ГП [12].

Датские ученые показали, что государственные меры по более низким затратам и целенаправленная политика по установке объектов микрогенерации привели к созданию двух отдельных групп домохозяйств с солнечными фотоэлектрическими элементами: группа первых пользователей (с ежегодным измерением) и группа более поздних пользователей (с ежечасным измерением / измерением в режиме реального времени). Результаты исследования показали, что потребители первой группы, как правило, имеют более высокие доходы, они старше, живут в сельской местности, имеют более новые дома и используют индивидуальное отопление (например, тепловые насосы). Кроме того, как интересный факт можно отметить, что зарегистрированными владельцами солнечных батарей, как правило, были люди с техническим образованием. Более поздние пользователи были немного больше вдохновлены предшественниками, тогда как пользователи из первой группы больше вдохновлялись новостными статьями и стимулами продаж. Более того, независимость, финансовая выгода и демонстрация действий, направленных на защиту окружающей среды, определяются как мотивы для принятия решений. В работе делается вывод о том,

что технически образованные мужчины, по-видимому, доминируют в процессе принятия решений [13].

В работах европейских авторов представлен всесторонний обзор эволюции разнообразных вариантов, позволяющих потребителям применить свой потенциал в использовании ВИЭ. В работе авторов из Германии представлен анализ моделей и возможностей для конечного потребителя, решившего инвестировать в устройства микрогенерации, в частности солнечных батарей. Доля солнечной энергии в электроснабжении Германии в последние годы быстро росла. Это связано с гарантированными льготными тарифами в сочетании со снижением цен на солнечные батареи. Выяснилось, что установленная мощность небольших установок явно различается в разных землях Германии. На основе эконометрического анализа это можно частично объяснить различиями в солнечном излучении. Однако другие факторы, такие как плотность домов, домовладение, доход на душу населения и влияние соседства, кажутся столь же или даже более важными. Напротив, экологическое отношение домохозяйств почти не влияет на инвестиционные решения [14,15].

В России новые положения закона о микрогенерации были приняты в декабре 2019 года, благодаря которым население и предприятия всех форм собственности могут поставлять в сеть электроэнергию, выработанную ветрогенераторами, солнечными и другими энергетическими станциями (но при условии выдачи в сеть не более 15 кВт мощности). По причине недостатка нормативных правовых актов закон находился в нерабочем состоянии. Устанавливать микрогенерацию для собственных нужд можно было и раньше, но этот сектор развивался не очень активно. Постановлением Правительства РФ 2021г. определены механизмы продажи избытков электроэнергии в сеть. Для потребителей, которым энергоснабжение осуществляется по достаточно высокому тарифу, установка солнечных панелей или микроветрогенераторов должна стать более привлекательной. Основной рост ожидается именно в сегменте солнечной генерации, так как цены на оборудование существенно снизились за последние несколько лет, а эффективность возросла.

Эксперты отмечают, что в современных условиях рынка, микрогенерация может оказаться выгодной не только для частных домохозяйств, но и для субъектов малого и среднего предпринимательства. Самообеспечение электроэнергией позволяет снизить расходы на развитие и содержание общей инфраструктуры, а также сократить последствия технологических нарушений, сделать энергоснабжение бесперебойным, а локальные энергосистемы более надежными. Небольшого роста объемов микрогенерации можно ожидать в южных регионах страны (Краснодарский край, Ростовская область), поскольку в тех субъектах есть платежеспособный спрос, а климатические условия позволяют использовать ВИЭ-микрогенерацию. Кроме того, на Кубани достаточно высокие цены на электроэнергию и ограниченные сетевые возможности. Но в целом по России большого интереса к этой теме не видно. Во-первых, для большинства частных домохозяйств микрогенерация остается достаточно дорогой. По разным оценкам, срок окупаемости тех же солнечных панелей составляет 7–8 лет, а в большинстве случаев срок окупаемости равен сроку службы оборудования. Во-вторых, практически бесплатное подключение микрогенераторов к внешним сетям, про которое говорится в Постановлении, — это дополнительные затраты для сбытовых

и сетевых компаний. А одним из не решенных вопросов стимулирования развития микрогенерации на основе ВИЭ является слабая заинтересованность сетевых компаний в подключении объектов малой энергетики [16].

Материалы и методы. Для изучения реальных и потенциальных барьеров развития микрогенерации в России нами были отобраны и изучены сайты 42 компаний России, предлагающих решения для автономного и резервного электроснабжения. Сбор данных проводился в 2020 и 2021 годах. Он включал кабинетное исследование доступного текста и онлайн-документов, представленных на сайтах компаний, сорок шесть интервью и совместное наблюдение. Телефонное интервью проводились с профессионалами и заинтересованными сторонами, связанными с развитием рынка микрогенерации. Сюда входили менеджеры, инженеры, консультанты, и исследователи. Совместное наблюдение предполагало участие в трех веб-семинарах, посвященных развитию рынка микрогенерации в России. Это включало сессии российской ассоциации ветроиндустрии (РАВИ) и материалы из открытых источников Ассоциации развития возобновляемой энергетики по изменениям на рынке микрогенерации после принятия Постановления правительства РФ №299 от 02.03.2021г. Для тестирования сайтов компаний и проведения интервью был составлен ряд вопросов и критериев для анализа информации представленной на сайте. Некоторые вопросы были использованы в телефонном интервью для уточнения информации, представленной на сайтах компаний. Перечень критериев и вопросов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Вопросы для анализа сайтов компаний и интервью

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Является ли компания производителем предлагаемого оборудования?	(да/нет)
2	Имеет ли компания опыт работы?	(да/нет)
3	Какой вид оборудования предлагается?	(солнечная, ветряная)
4	Сертифицировано ли оборудование/услуги?	(да/нет)
5	Подбор оборудования (есть ли на сайте онлайн гид по подбору оборудования под нужды покупателя)	(да/нет)
6	Производится ли установка оборудования?	(да/нет)
7	Есть ли на сайте каталог выполненных проектов (проекты в портфолио)?	(да/нет)
8	Есть ли на сайте онлайн гид по подбору оборудования под нужды покупателя?	(да/нет)
9	Представлен ли на сайте перечень услуг и прайс-лист?	(да/нет)
10	Какова стоимость установки?	3-10 кВт
11	Какой срок установки?	Количество дней

12	Есть ли гарантия? Каков срок гарантии?	Количество лет
13	Имеется ли постгарантийное обслуживание?	(да/нет)
14	Какие материалы (насколько экологичные) используются для электростанций?	
15	Каков срок службы оборудования?	Количество лет

Анализ полученных данных проводился методами частотного и качественного анализа, включая текстовую интерпретацию вышеупомянутых качественных данных.

Результаты. География представленных компаний распределилась следующим образом: Москва и Московская область - 64%, Санкт-Петербург – 13%, Краснодар/Ставрополь – 8%, Ростов на Дону -8%, Екатеринбург – 5%, Нижний Новгород – 4%. Таким образом можно сделать вывод, что большинство предприятий по продаже оборудования находятся в столичном регионе и в регионах, где имеется естественная востребованность по климатическим условиям. Большинство компаний, предлагающих оборудование для автономного электроснабжения частных домов и владельцев малого и среднего бизнеса, которые были отобраны для данного проекта (42 компании) имеют достаточный опыт в реализации проектов по подбору и установке энергетического оборудования для автономного электроснабжения. Средний опыт работы на рынке составляет 9 лет (разброс составляет от 2 лет до 25 лет). Большая часть компаний не являются производителями оборудования, из 42 компаний всего 5% реализуют собственное оборудование, остальные 95% реализуют оборудование китайского производства. Самой распространенной в России является продукция китайских производителей, благодаря относительной невысокой стоимости, по сравнению с продукцией, произведенной в других странах. К примеру, солнечные батареи из Китая почти вдвое ниже по цене, чем немецкие. Чаще всего на сайтах компаний, которые участвовали в данном исследовании встречается продукция компаний Yingli Green Energy и Suntech Power Co.

При выборе солнечных панелей компании предлагают несколько видов модулей:

- Монокристаллические. Состоят из силиконовых ячеек, преобразующих солнечную энергию. Отличаются компактными размерами. По своей производительности это до недавнего времени самая эффективная (КПД до 22 %) солнечная батарея для дома. Комплект обойдется от 100 тыс. рублей.
- Поликристаллические. В данных панелях используется поликристаллический кремний. Они не так эффективны (эффективность до 18%), как монокристаллические фотоэлементы. Зато их стоимость существенно ниже, поэтому они доступны широким слоям населения.
- Аморфные. Имеют тонкопленочные фотоэлементы на основе кремния. Уступают моно и поликристаллам по выработке энергии, но и стоят дешевле. Их преимуществом является способность функционировать при рассеянном и даже слабом освещении.

- Гетероструктурные. Современные и наиболее эффективные на сегодняшний день солнечные модули, обладающие КПД 22-25% (на протяжении всего срока службы). Эффективно работают как в облачную погоду, так и при высоких температурах).

Реальная стоимость оборудования рассчитывается индивидуально и зависит от целого ряда параметров: вида модуля, размера крыши дома или здания, площади панелей, интенсивности солнечного света, угла падения лучей и т.п. В систему входят также следующие компоненты: инвертор, который преобразует постоянный ток в переменный; аккумуляторная батарея, которая не только накапливает энергию, но и нивелирует перепады напряжения, когда меняется уровень освещенности; контроллер зарядного напряжения аккумулятора, режима зарядки, температуры и других параметров.

На любом сайте можно приобрести как отдельные компоненты, так и полностью целые системы. При этом мощность устройств определяется исходя из конкретных потребностей. Следующим критерием для принятия решения покупать или не покупать, было наличие или отсутствие сертификации, на наш взгляд покупатель больше отдает предпочтение компаниям, которые могут гарантировать качество оборудования и предоставляемых услуг наличием сертификата.

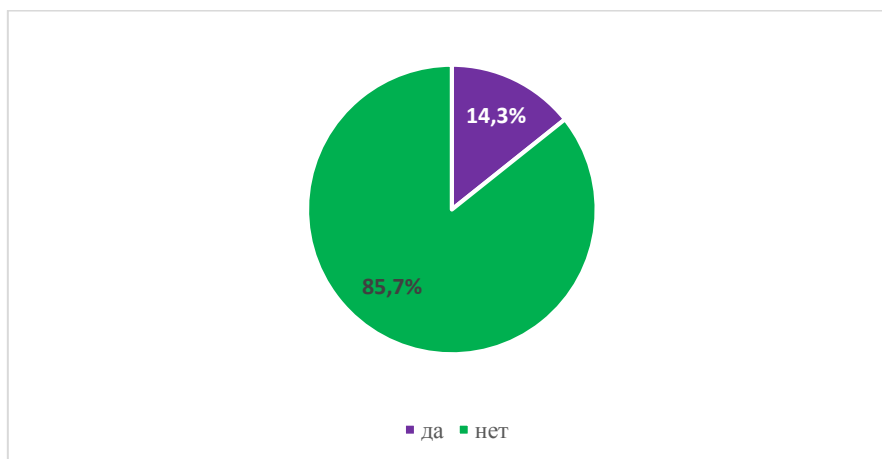


Рис. 1. Распределение компаний по наличию сертификации.

Источник: составлено авторами

Как видно из рис. 1 большинство компаний, а именно 85,7% не имеют сертификацию. На первый взгляд в России потребитель не всегда запрашивает сертификаты на приобретаемый товар, безоговорочно доверяя продавцу. Но когда речь идет об электричестве, данный подход опасен, так как это связано, прежде всего с безопасностью применяемых решений. Срок службы электроустановки зависит от надежности оборудования, наличие подтверждений о качестве со стороны соответствующих организаций обязателен. Одним из документов как раз служит сертификат соответствия. Между тем, во время интервью с различного уровня менеджерами и руководителями компаний часто звучала фраза, что солнечные модули не подлежат обязательной сертификации. На сегодняшний день

действительно нет четких законодательных требований об обязательной сертификации солнечных модулей. Рынок солнечной энергетики динамично развивается, а разработка стандартов не успевает за развитием рынка, так как это процесс трудоемкий и довольно длительный. Часть компаний, а именно 7% предоставили сертификаты соответствия ГОСТам, которые как сами выразились давно устарели. Безусловно, наличие сертификата соответствия на продукт не гарантирует его качества, но, как минимум, гарантирует его безопасность, а также свидетельствует о серьезном подходе к данному вопросу.

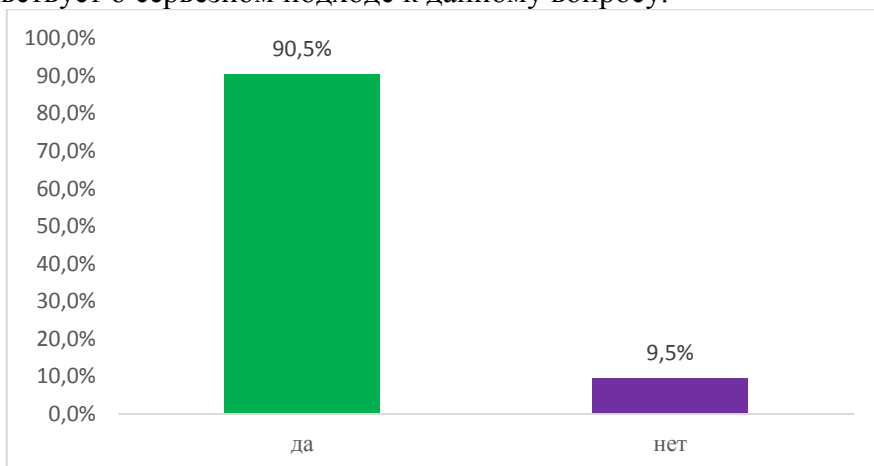


Рис. 2. Наличие выполненных проектов компаний.

Источник: составлено авторами

Как видно из рис. 2, большинство компаний располагает информацией о выполненных проектах, что отражает наличие значительного опыта в реализации подобных проектов. На сайтах представлены фотографии, видео о монтажах, достаточное количество полезной информации, позволяющая покупателю возможность принятия решения. На сайтах 9,5% компаний подобных работ не представлено, что затрудняет выбор покупателя и скорее отталкивает неопытного покупателя. Возможно если клиент заинтересован только в приобретении оборудования, это не является препятствием, хотя это лишь небольшая часть покупателей.

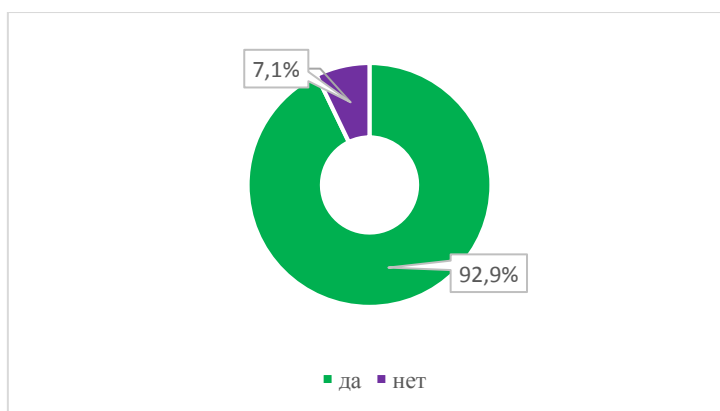


Рис. 3. Наличие возможности персонализированного подбора оборудования.

Источник: составлено авторами

Как видно из рис. 3, практически 93% компаний имеют на сайте возможность для покупателя подбирать оборудование онлайн. Однако наш анализ показал, что большинство покупателей не может воспользоваться данной услугой, так как в подборе оборудования необходимо помощь профессионального специалиста. Онлайн гид позволяет достаточно поверхностно оценить стоимость будущего проекта. Для квалифицированного подбора оборудования необходимо знание многих составляющих: расчет необходимой мощности, количество солнечных панелей, модель панелей и т.д.

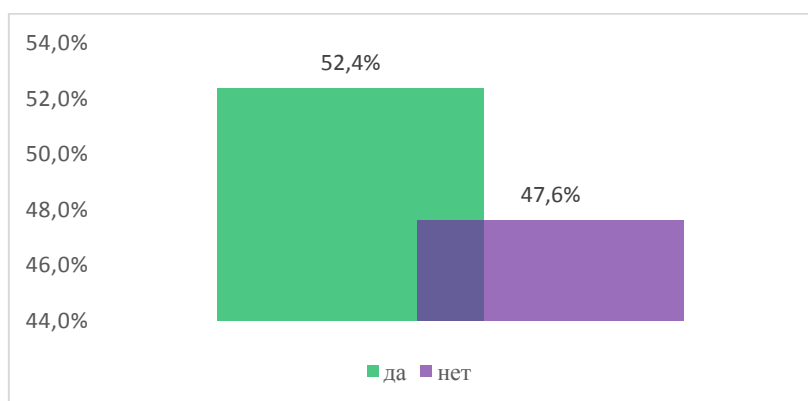


Рис. 4. Наличие на сайте информации по установке оборудования.

Источник: составлено авторами

На рис. 4 представлена информация о наличии на сайтах компаний услуг по проектированию и монтажу оборудования. Как видно из представленных данных, только 52,4% компаний предоставляют вместе с оборудованием, услугу монтажа и обслуживания оборудования. Однако монтаж оборудования, только на первый взгляд может казаться не сложным процессом. Перед тем, как организовать систему на солнечных батареях, необходимо выяснить минусы и сильные стороны конструкции, питающейся энергией солнца. Надо учитывать особо значимые факторы: эффективность, сезонность применения, слабая схема аккумуляции, целесообразность системы, а также необходимость во вспомогательной энергии. Конечно все эти вопросы без профессиональной помощи на деле организовать совсем не просто. Таким образом, отсутствие у компаний услуги по подбору и монтажу оборудования может оказывать сдерживающий эффект на покупателя.

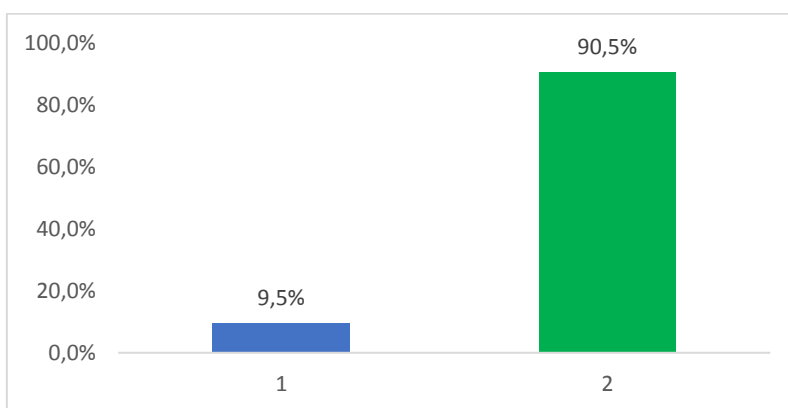


Рис. 5. Гарантии на услуги по монтажу оборудования. *Источник: составлено авторами*

Большинство компаний предоставляет гарантии только на услуги по монтажу оборудования, 90,5% компаний на 2 года, и 9,5% дают гарантию на 1 год. Контракты на техническое обслуживание значительно различаются по типу и продолжительности. Гарантии на оборудования как правило компании не предоставляют, руководствуясь только общеизвестной гарантией на оборудования как срок службы оборудования 25 лет. Это подтвердили все 100% исследуемых компаний. Срок службы солнечных панелей и их выработка зависит от многих факторов, среди которых климат, тип модуля и монтажной системы. На солнечные панели дают как правило две гарантии, два типа: гарантия на продукт от производственного брака и гарантия на мощность. Первый тип гарантии характерен для любого продукта/товара, который мы приобретаем. Это гарантия от поломки вследствие производственного брака. Наиболее распространенный срок гарантии на мощность для солнечных панелей 25 лет при сохранении 80% исходной мощности. Это не означает, что срок службы солнечной панели через 25 лет заканчивается, она может проработать и 40, и 50 лет, просто дальнейшая деградация модуля никак не описывается производителем и не связывается с какими-либо обязательствами с его стороны.

Выводы. Зарубежный опыт развития микрогенерации на основе ВИЭ свидетельствует о том, что масштаб внедрения данных технологий преимущественно зависит от уровня цен на электроэнергию и системы регулирования отрасли. История развития микрогенерации в России имеет незначительный опыт по сравнению с США и европейскими странами; пока что российский рынок микрогенерации находится в стадии становления. Однако на рынке представлен широкий ассортимент оборудования для микрогенерации. Большинство компаний, предлагающих оборудование для автономного электроснабжения частных домов и владельцев малого и среднего бизнеса, имеют достаточный опыт в реализации проектов по подбору и установке энергетического оборудования для автономного электроснабжения. Разброс цен стоимости оборудования составляет 8-10%, что само по себе не может являться препятствием для покупателей. Однако стоимость оборудования достаточно высока, а срок окупаемости солнечной электростанции (СЭС) примерно равен сроку ее службы.

Срок окупаемости оборудования можно существенно сократить при наличии возможности продавать излишки электрической энергии в сеть, однако цена покупки поставщиком в настоящее время ограничена ценой оптового рынка электрической энергии. Предпочтительным вариантом может быть система чистого измерения (СЧИ), применяемая в других странах, при которой нет факта продажи и получения прибыли в принципе, используется натуральный взаимозачет — пользователь получает кВт*ч и отдает кВт*ч., при этом цена его не имеет значения, только количество отданной и потребленной энергии.

Децентрализация генерации на уровне конечных потребителей создает определенную угрозу сетевым компаниям, которые предполагают, что при массовом использовании собственной генерации электрические сети и трансформаторные мощности будут недогружены.

Литература

1. Gielen D., Boshell F., Saygin D., Bazilian M.D., Wagner N., Gorini R. The role of renewable energy in the global energy transformation// *Energy Strategy Reviews*, 2019. Vol.24, 38–50, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>.
2. Fidalgo J.N., Dalila B. M.M. Fontes Fostering microgeneration in power systems: The effect of legislative limitations// *Electric Power Systems Research*, 2012. Vol. 84, Iss. 1, PP. 181-186, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2011.11.013>.
3. Kaygusuz A., Keles C., Alagoz B.B., Karabiber A. Renewable energy integration for smart sites// *Energy and Buildings*, 2013. Vol.64, pp. 456—462.
4. International Energy Agency, *Power Systems in Transition* (2021), <https://doi.org/10.4324/9781315186313-3>.
5. Ратнер С.В. Управление качеством энергоснабжения в энергосистемах со смешанным типом генерации: организационно-экономические аспекты // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2016. № 19. С. 2—6.
6. Palm J., Eidenskog M., Luthander R. Sufficiency, change, and flexibility: Critically examining the energy consumption profiles of solar PV prosumers in Sweden// *Energy Research & Social Science*, 2018, Vol. 39, PP. 12-18, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.006>
7. Su W., Liu M., Zeng S., Štreimikienė D., Baležentis T., Ališauskaitė-Šeškienė I. Valuating renewable microgeneration technologies in Lithuanian households: A study on willingness to pay// *Journal of Cleaner Production*, 2018. Vol. 191, PP. 318-329, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.199>.
8. Hanna R., Leach M., Torriti J. Microgeneration: The installer perspective// *Renewable Energy*, 2018. Vol 116, Part A, PP. 458-469, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.023>.
9. Balcombe P., Rigby D., Azapagic A. Motivations and barriers associated with adopting microgeneration energy technologies in the UK// *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013. Vol. 22, PP/ 655-666, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.012>.
10. Aggarwal, A.K., Syed, A.A. and Garg, S. Factors driving Indian consumer's purchase intention of roof top solar// *International Journal of Energy Sector Management*, 2020. Vol. 13 No. 3, pp. 539-555. <https://doi.org/10.1108/IJESM-07-2018-0012>.
11. Atulkar, S. Purchase intention of Indian customers: a study on solar PV technology// *International Journal of Energy Sector Management*, 2022. Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJESM-04-2021-0017>.

12. Claudy M.C., Michelsen C., O’Driscoll A. The diffusion of microgeneration technologies – assessing the influence of perceived product characteristics on home owners' willingness to pay// *Energy Policy*, 2011. Vol. 39, Iss. 3, PP. 1459-1469, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.018>.
13. Hansen A.R., Jacobsen M.H., Gram-Hanssen K. Characterizing the Danish energy prosumer: Who buys solar PV systems and why do they buy them? // *Ecological Economics*. 2022. Vol. 193, 107333, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107333>.
14. Gržanić M., Capuder T., Zhang N., Huang W. Prosumers as active market participants: A systematic review of evolution of opportunities, models and challenges// *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 154, 111859, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111859>.
15. Schaffer A.J., Brun S. Beyond the sun—Socioeconomic drivers of the adoption of small-scale photovoltaic installations in Germany// *Energy Research & Social Science*, 2015. Vol. 10, PP. 220-227, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.06.010>.
16. Ратнер С.В., Аксюк Т.Д. Зарубежный опыт стимулирования микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии: организационно-экономические аспекты // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2017. Т. 10, № 4. С. 104—113. DOI: 10.18721/JE.10410

References

1. Gielen D., Boshell F., Saygin D., Bazilian M.D., Wagner N., Gorini R. The role of renewable energy in the global energy transformation, *Energy Strategy Reviews*, 2019. Vol.24, 38–50, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>.
2. Fidalgo J.N., Dalila B. M.M. Fontes Fostering microgeneration in power systems: The effect of legislative limitations. *Electric Power Systems Research*, 2012. Vol. 84, Iss. 1, PP. 181-186, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2011.11.013>.
3. Kaygusuz A., Keles C., Alagoz B.B., Karabiber A. Renewable energy integration for smart sites. *Energy and Buildings*, 2013. Vol.64, pp. 456—462.
4. International Energy Agency, *Power Systems in Transition (2021)*, <https://doi.org/10.4324/9781315186313-3>.
5. Ratner S.V. Energy supply quality management in power systems with mixed generation: organizational and economic aspects // *Financial Analytics: Problems and Solutions*. 2016. No. 19. P. 2—6.
6. Palm J., Eidenskog M., Luthander R. Sufficiency, change, and flexibility: Critically examining the energy consumption profiles of solar PV prosumers in Sweden. *Energy Research & Social Science*, 2018, Vol. 39, PP. 12-18
7. Su W., Liu M., Zeng S., Štreimikienė D., Baležentis T., Ališauskaitė-Šeškienė I. Valuating renewable microgeneration technologies in Lithuanian households: A study on willingness to pay, *Journal of Cleaner Production*, 2018. Vol. 191, PP. 318-329, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.199>.
8. Hanna R., Leach M., Torriti J. Microgeneration: The installer perspective, *Renewable Energy*, 2018. Vol 116, Part A, PP. 458-469, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.023>.
9. Balcombe P., Rigby D., Azapagic A. Motivations and barriers associated with adopting microgeneration energy technologies in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013. Vol. 22, PP/ 655-666, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.012>.
10. Aggarwal, A.K., Syed, A.A. and Garg, S. Factors driving Indian consumer’s purchase intention of roof top solar. *International Journal of Energy Sector Management*, 2020. Vol. 13 No. 3, pp. 539-555. <https://doi.org/10.1108/IJESM-07-2018-0012>

11. Atulkar, S. Purchase intention of Indian customers: a study on solar PV technology. *International Journal of Energy Sector Management*, 2022. Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJESM-04-2021-0017>
12. Claudy M.C., Michelsen C., O’Driscoll A. The diffusion of microgeneration technologies – assessing the influence of perceived product characteristics on home owners' willingness to pay. *Energy Policy*, 2011. Vol. 39, Iss. 3, PP. 1459-1469, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.018>.
13. Hansen A.R., Jacobsen M.H., Gram-Hanssen K. Characterizing the Danish energy prosumer: Who buys solar PV systems and why do they buy them? *Ecological Economics*, 2022. Vol. 193, 107333, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107333>.
14. Gržanić M., Capuder T., Zhang N., Huang W. Prosumers as active market participants: A systematic review of evolution of opportunities, models and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022. Vol. 154, 111859, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111859>.
15. Schaffer A.J., Brun S. Beyond the sun—Socioeconomic drivers of the adoption of small-scale photovoltaic installations in Germany. *Energy Research & Social Science*, 2015. Vol. 10, PP. 220-227, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.06.010>.
16. Ratner S.V., Aksyuk T.D. Foreign experience in stimulating microgeneration based on renewable energy sources: organizational and economic aspects // *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economic Sciences*. 2017. T. 10, № 4. С. 104—113. DOI: 10.18721/JE.10410

Поступила в редакцию 9 марта 2022 г.