

Развитие систем уличного освещения на основе проектов в области энергосбережения и использования альтернативных источников энергии

М. В. Черновалова

*Кандидат технических наук, младший научный сотрудник,
0208margarita@bk.ru*

*Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Смоленске,
Смоленск, Россия*

И. М. Макарова

*Аспирант,
makar.80@inbox.ru*

*Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Смоленске,
Смоленск, Россия*

Аннотация: В статье представлены результаты анализа текущего потребления электроэнергии в разных странах. Проанализированы различные направления и подходы к сокращению углеродного следа, которые показали высокую значимость реализации проектов в области энергосбережения и альтернативной энергетики. Установлено, что выполнение указанных проектов позволит не только сократить вред, наносимый экологии, но и получить значительный экономический эффект за счет энергосбережения и использования технологий распределенной энергетики. Рассмотрен пример реализации проектов по модернизации систем уличного освещения в Смоленской области, основанный на применении энергосберегающих технологий и солнечных батарей. Результаты проведенного анализа показали, что основная сложность выполнения проектов в области развития систем уличного освещения на основе указанного подхода связана с отсутствием достаточного объема финансовых ресурсов, что обусловлено их высокой наукоемкостью. Были рассмотрены различные механизмы и практики привлечения инвестиций в указанные проекты в США, Германии и России.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, энергосбережение, управление проектами, уличное освещение, привлечение инвестиций.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук МК-1534.2020.9.

Development of street lighting systems based on projects in the field of energy conservation and the use of alternative energy sources

M. V. Chernovalova

*Cand. Sci. (Tech.), junior researcher,
0208margarita@bk.ru*

*Branch of the National Research University,
Moscow Power Engineering Institute in Smolensk,
Smolensk, Russia*

I. V. Makarova

*Postgraduate student,
makar.80@inbox.ru*

*Branch of the National Research University,
Moscow Power Engineering Institute in Smolensk,
Smolensk, Russia*

Abstract: The article presents the results of the analysis of the current electricity consumption in different countries. Various directions and approaches to reducing the carbon footprint have been analyzed, which have shown the high importance of implementing projects in the field of energy conservation and alternative energy. It has been established that the implementation of these projects will allow not only to reduce the harm caused to the environment, but also to obtain a significant economic effect due to energy conservation and the use of distributed energy technologies. An example of the implementation of projects for the modernization of street lighting systems in the Smolensk region, based on the use of energy-saving technologies and solar panels, is considered. The results of the analysis showed that the main difficulty in the implementation of projects in the field of development of street lighting systems on the basis of this approach is associated with the lack of sufficient financial resources, which is due to their high science intensity. Various mechanisms and practices of attracting investments in these projects in the USA, Germany and Russia were considered.

Keywords: alternative energy, energy saving, project management, street lighting, investment attraction.

Acknowledgements: This work was supported by a grant from the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists — candidates of sciences MK-1534.2020.9.

В настоящее время уличное освещение является неотъемлемой частью жизни общества и одним из важнейших элементов благоустройства любого населенного пункта. Однако быстрый рост масштабов и количества городов, а также других муниципальных образований приводит к увеличению потребности в формировании и использовании новых систем искусственного освещения. Это влечет за собой значительное повышение потребления электроэнергии, которое также во многом зависит от роста населения Земли и ВВП, что негативным образом сказывается на экологии нашей планеты и приводит к истощению невозобновляемых источников энергии. Так, например, в период с 2010 года по 2018 год объем потребления электрической энергии в мире увеличился на 4,694 млрд. кВт*ч, что составляет почти 25% от объема потребления в 2010 году.¹ При этом в 2020 году наибольший объем использованной электроэнергии в размере 6,752 ТВт*ч приходится на Китай. Также большое потребление указанного вида энергии наблюдается в таких странах как США (3,842 ТВт*ч), Индия (1,191 ТВт*ч), Россия (0,906 ТВт*ч) и Япония (0,905 ТВт*ч).²

Как было сказано ранее, рост потребления электричества приводит к усилению вредного воздействия на окружающую среду, что связано с увеличением использования различных невозобновляемых источников энергии (полезных ископаемых), таких как уголь, газ или нефть, переработка которых предполагает выброс углекислого газа в атмосферу.

В соответствии с данными Statistical Review of World Energy 2021 самый большой объем выбросов CO₂ приходится на такие страны как США, Китай, Япония, Индия и Россия. На рисунке 1 показано изменение количества выбросов углекислого газа в 2016–2020 годах в указанных странах, в результате потребления нефти, газа и угля. Данные выбросы относятся к «Default CO₂ Emissions Factors for Combustion», которые перечислены в руководящих принципах национальных кадастров парниковых газов IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).³

Как видно из рисунка 1, в США, Японии и России прослеживается тенденция к снижению выбросов CO₂. Так, с начала анализируемого периода указанный объем выбросов в США снизился на 603,6 млн. тонн (11,9% от объема в 2016 г.), в Японии — на 163 млн. тонн (13,7% от объема в 2016 г.), а в России — 84,8 млн. тонн (5,4% от объема в 2016 г.). В Индии объем указанных выбросов остается примерно на одном уровне и составляет около 2400 млн. тонн. При этом в Китае в указанный период объем выбросов CO₂ увеличился на 620,3 млн. тонн, что составляет примерно 6,7% от объема в 2016 году.⁴

¹ Net consumption of electricity worldwide in select years from 1980 to 2018 [Электронный ресурс]. Statista. — URL: <https://www.statista.com/statistics/280704/world-power-consumption/>.

² Electricity domestic consumption. Enerdata. — URL: <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>.

³ Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.

⁴ Там же.

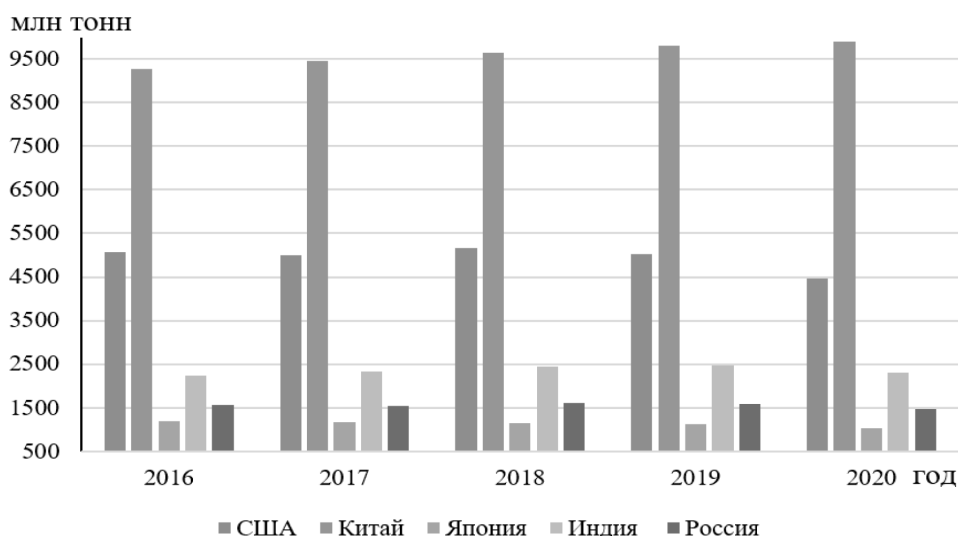


Рис. 1. Динамика выбросов в 2016–2020 годах в странах с наибольшим объемом выделения CO₂⁵

Однако не только потребление невозобновляемых источников энергии приводит к ухудшению экологической обстановки в мире. Так, например, вред атомных электростанций заключается в отсутствии эффективных технологий переработки радиоактивных отходов, чтобы сделать их абсолютно экологически безопасными. Использование же гидроэлектростанций также наносит вред природе: затопление ценных сельскохозяйственных земель, разрушение существующих экосистем, изменение климата. Таким образом, любой из указанных видов электростанций наносит вред окружающей среде, в связи с чем актуальным является вопрос, связанный с поиском способов решения данной проблемы, особенно при реализации проектов по развитию систем уличного освещения.

В настоящее время можно выделить два таких способа — это энергосбережение и альтернативная энергетика, которая основана на применении возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Первый подход связан с поиском новых технологий в производстве и других видах деятельности, которые позволят минимизировать объем потребляемой энергии, полученной с использованием традиционных источников. Так, например, в настоящее время активно осуществляется разработка и внедрение различных информационных систем, которые позволяют моделировать и оптимизировать различные объекты с целью минимизации потребления электроэнергии.⁶ Второй подход, как представляется, является более эффективным, так как позволяет отказаться от использования невозобновляемых ресурсов за счет применения энергии солнца, ветра, приливов и волн, а также энергии недр земли. Кроме этого, использование указанных источников энергии позволяет не только снизить объем выброса углекислого газа в атмосферу, но также в ряде случаев является экономически более целесообразным решением. Так, например, из-за удаленности отдельных населенных пунктов или производств подводить электроэнергию от уже существующих традиционных станций или же их отдельное строительство может обходиться дороже по сравнению с созданием станций, применяющих ВИЭ. Подробно же вопросы обеспечения энергоэф-

⁵ 1. Разработано автором.

2. Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.

⁶ Краковский Ю.М., Хоанг Н.А. Моделирование ремонтных работ оборудования на основе случайного процесса риска. Прикладная информатика. 2020. Т. 15. № 6 (90). С. 5–15.; Шориков А.Ф., Буценко Е.В. Интеллектуальная программная система оптимизации адаптивного управления процессами бизнес-планирования. Прикладная информатика. 2020. Т. 15. № 5 (89). С. 9–28.

фективности и развития инноваций в отдельных регионах рассмотрены в различных работах.⁷ В связи с этим, несмотря на сложность перехода к использованию возобновляемых источников энергии многие страны начали осуществлять их активное внедрение.

На рисунке 2 представлено изменение потребления энергии, полученной с помощью ВИЭ в 2016–2020 годах в странах, лидирующих по количеству их использования.⁸

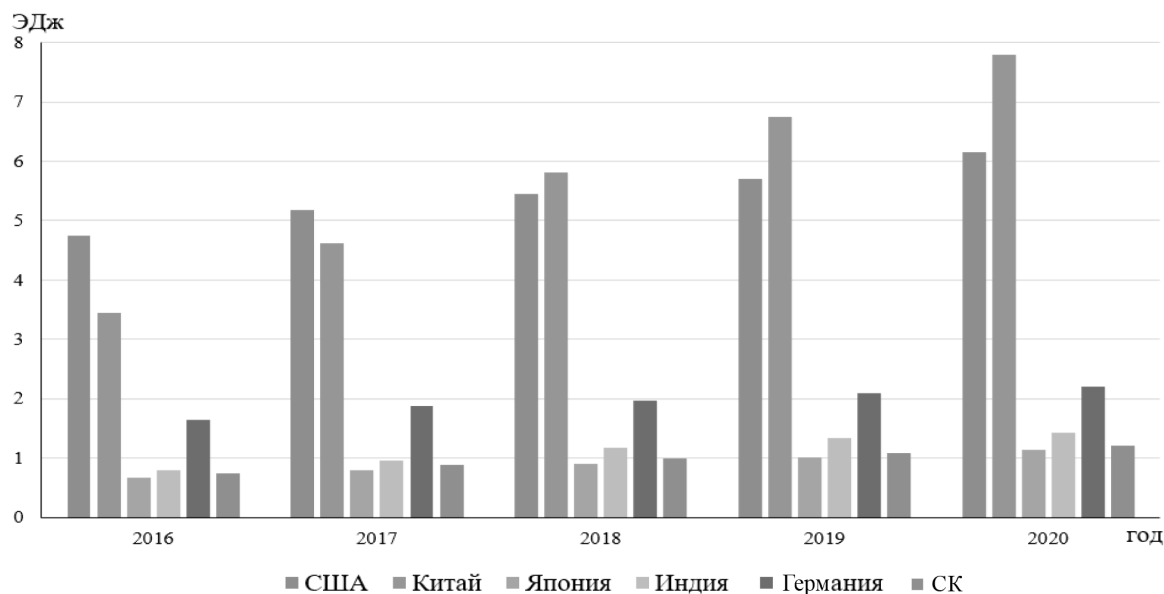


Рис. 2. Изменение потребления энергии, полученной с помощью ВИЭ в 2016–2020 годах в разных странах⁹

Как видно из рисунка наиболее эффективно возобновляемая энергия используется в Китае и США. Так, ее потребление в США за рассматриваемые пять лет увеличилось на 1,41 ЭДж, а в Китае — на 4,35 ЭДж. Также на довольно высоком уровне использования энергии ВЭИ находится Германия, которая в 2020 г. потребила 2,21 ЭДж. При этом за рассматриваемый период потребление указанной энергии увеличилось на 0,57 ЭДж. Кроме этого, можно выделить в качестве стран, где активно используются ВИЭ, Индию (1,43 ЭДж), Соединенное королевство (1,2 ЭДж) и Японию (1,13 ЭДж).¹⁰

В России же в 2020 году было потреблено 0,04 ЭДж, что значительно меньше по сравнению с лидирующими странами, использующими ВИЭ. Однако по сравнению с 2019 годом прирост производства и потребления указанной энергии составил 71,3%.¹¹ Основное направление использования ВИЭ в России связано с обеспечением энергетической эффективности электроэнергетики, что нашло свое отражение в распоряжении Правительства Российской Федерации от 08.01.2019 г. № 1-р.

Наибольшее распространение среди ВИЭ в настоящее время получили те, которые используют энергию солнца и ветра. Однако в России при реализации проектов в сфере уличного освеще-

⁷ Дли М.И., Михайлов С.А., Балябина А.А. Контроллинг процессов энергосбережения на региональном уровне. Контроллинг. 2010. № 35. С. 74–79; Дли М.И., Какатунова Т.В., Петрушко И.Н. Оценка инновационного потенциала предприятия: энергетический подход. Интеграл. 2010. № 6. С. 46–47; Мешалкин В.П., Дли М.И., Какатунова Т.В. Современные технологии распространения инноваций в промышленности северных регионов России. Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. № 3 (54). С. 179–191; Дли М.И., Какатунова Т.В. Интеграция технопарка в инновационную структуру региона. Проблемы современной экономики. 2008. № 2 (26). С. 252–254.

⁸ Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.

⁹ 1. Разработано автором.

2. Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.

¹⁰ Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.

¹¹ Там же.

шения наиболее перспективным является применение солнечных батарей, что позволит обеспечить их автономность. На рисунке 3 представлены изменения объемов производимой электрической энергии с помощью указанного источника в странах с самыми высокими значениями по данному показателю.

Как видно из рисунка 3, наиболее активно энергия солнца используется в Китае, при этом за последние пять лет в данной стране производство электроэнергии с помощью указанного источника увеличилось больше чем в три раза и составило 253,8 ГВт. В остальных же лидирующих странах по использованию данного вида альтернативного источника энергии значения рассматриваемого показателя значительно ниже (США — 73,8 ГВт, Германия — 53,8 ГВт, Япония — 67 ГВт).¹²

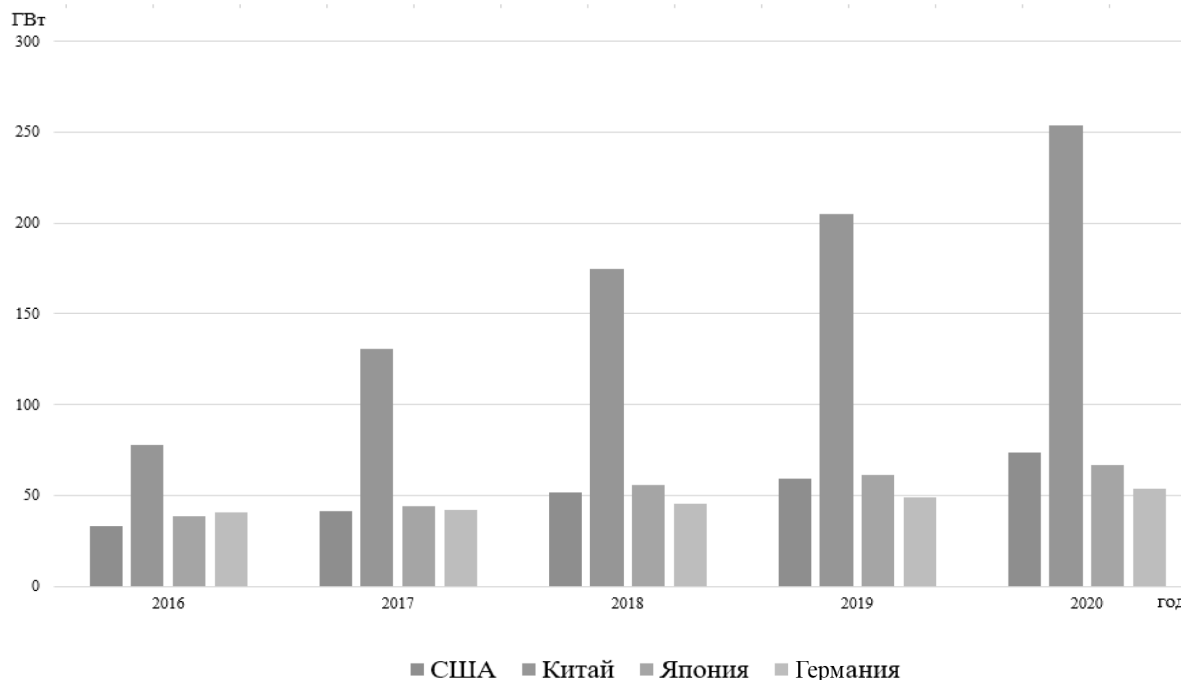


Рис. 3. Производство электричества с помощью энергии солнца¹³

Россия значительно отстает от мировых лидеров по внедрению и использованию возобновляемых источников энергии. Так, в 2020 году с помощью энергии солнца было получено только 1,4 ГВт электроэнергии.¹⁴ В связи с этим в настоящее время политика государства направлена на развитие и поддержку проектов в области развития ВИЭ и, в частности, проектов, направленных на применение солнечной энергии при разработке автономных систем уличного освещения.

Как говорилось ранее, помимо экологичности использование ВИЭ имеет и экономическую целесообразность, которая связана с понятием распределенной энергетики, представляющей собой концепцию перехода от традиционной организации энергетических систем к новым методам и практикам, позволяющим обеспечить близость энергообъекта к потребителям его энергии. Данная концепция предполагает проведение децентрализации и цифровизации энергетических систем с помощью разных видов энергетических ресурсов, что позволит повысить энергетическую эффективность и снизить экологическое влияние на окружающую среду.

Одной из основных составляющих распределенной энергетики является распределенная генерация, которая включает в себя совокупность электростанций, расположенных близко к месту

¹² Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.

¹³ 1. Разработано автором.

2. Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.

¹⁴ Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.

потребления энергии и подключенных либо непосредственно к потребителю, либо к распределительной электрической сети.

Использование данного подхода позволит получить значительный экономический эффект для энергообеспечения объектов, каждый из которых потребляет сравнительно небольшие объемы электроэнергии.

К указанным объектам относятся системы уличного освещения, включающие не только системы освещения населенных пунктов, но и дорожные сети. В настоящее время идет активная модернизация данных систем, которая предполагает применение новых технологий, направленных на обеспечение энергосбережения. Так, например в г. Смоленске в 2020 году был реализован проект по замене уличного освещения, при выполнении которого были заменены 14 603 консольных светильника, подключенных к муниципальным сетям, на новые светодиодные, а также установлены шкафы управления наружным освещением. Кроме этого, более 2000 светильников на центральных улицах города были оснащены дистанционным управлением по беспроводным сетям с применением протокола LoRaWAN, что позволяет энергослужбам отслеживать работу сетей в режиме реального времени и оперативно реагировать на неполадки. В результате все проведенные мероприятия позволили администрации города сэкономить около 46 млн. рублей на электроэнергии.¹⁵

Для стимулирования применения методов энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве помимо указанных устройств и технологий начинают создаваться автономные системы энергоснабжения уличного освещения на основе солнечных батарей. Однако их внедрение и использование затруднено из-за высокой стоимости перехода к указанному источнику энергии. В связи с этим актуальным является поиск эффективного способа инвестирования таких проектов на основе результатов анализа успешного опыта их выполнения в других странах.

Одним из передовых производителей и потребителей «зеленой» энергетики являются США. В данной стране политика в сфере использования ВИЭ децентрализована. На федеральном уровне стимулирование данной отрасли чаще всего осуществляется с помощью предоставления налоговых льгот, а на уровне штатов посредством стандартов портфеля ВИЭ (renewable portfolio standards).¹⁶ Поощрение инвестиций в ВИЭ осуществляется с помощью налоговых кредитов (Renewable Energy Investment Tax Credit), которые представляют собой налоговые инструменты стимулирования, позволяющие уменьшать суммы налога или сформированного налогового обязательства.¹⁷ Для проектов в области возобновляемых источников энергии доступны два основных вида указанного кредита: инвестиционный налоговый кредит (Investment Tax Credit (ITC)) и налоговый кредит на производство (Production Tax Credit (PTC)). Тип кредита, доступного для любого конкретного проекта, во многом зависит от задействованной технологии.¹⁸

Помимо выбора одного из двух типов налоговых льгот в рамках указанных кредитов можно использовать один из трех вариантов структуры финансирования ВИЭ: партнерство, обратная аренда и продажа с обратной арендой. Выбор лучшего варианта финансирования зависит от деталей конкретного проекта. В таблице 1 представлено сравнение трех описанных структур финансирования с точки зрения привлечения денежных средств, права собственности и типа налогового кредита.¹⁹

¹⁵ Благодаря модернизации уличного освещения Смоленск сэкономил на оплате электроэнергии 46 млн рублей [Электронный ресурс]. Официальный сайт Администрации города Смоленска. — URL: <https://www.smoladmin.ru/press-centr/novosti/blagodarya-modernizacii-ulichnogo-osvescheniya-smolensk-sekonomil-na-oplate-elektroenergii-46-mln-rublej/>.

¹⁶ Noguee A., Deyette J., Clemmer S. The Projected Impacts of a National Renewable Portfolio Standard. *The Electricity Journal*. 2007, No. 20(4), pp. 33–47.

¹⁷ Keightley M.P., Marples D.J., Sherlock M.F. Tax Equity Financing: An Introduction and Policy Considerations. Congressional Research Service <https://www.everycrsreport.com/reports/R45693.html>.

¹⁸ S. Altug, Demers F.S., Demers M. The investment tax credit and irreversible investment. *Journal of Macroeconomics*. 2009. No.31(4). pp. 509–522; Lu X., Tchou J., McElroy M.B., Nielsen C.P. The impact of Production Tax Credits on the profitable production of electricity from wind in the US. *Energy Policy*. 2011. No. 39(7), pp.4207–4214.

¹⁹ Raikar S., Adamson S. Tax structures for financing renewable energy projects in the U.S. *Renewable Energy Finance*. 2020, pp. 67–98.

Таблица 1

Сравнение основных структур финансирования ВИЭ в США ²⁰

	Финансирование	Право собственности	Налоговый кредит
Прямое владение	Пользователь сам финансирует систему и потребляет электроэнергию на месте	Принадлежит пользователю.	-
Партнерство с переворотом	Инвестор может предоставить до 99% финансирования. Долг также может быть частью капитала.	Совместное владение разработчиком и инвестором.	РТС или ИТС
Обратная аренда	Инвестор предоставляет частичное финансирование. Долг – это обычная часть капитала.	Активы возвращаются застройщику по истечении срока аренды.	ИТС
Аренда с продажей	Инвестор предоставляет 100% финансирование. Долг также может быть частью капитала, обычно на уровне разработчика.	У разработчика есть возможность приобрести активы в срок аренды.	ИТС

В целом же налоговая справедливость покрывает только около 35–40% общих капитальных затрат на солнечные разработки, поэтому возникает необходимость в спонсорском капитале и/или заемных средствах. Набор инструментов для возобновляемого долга на проект имеет множество вариантов, среди которых можно выделить два наиболее распространенных: строительный долг и задолженность с обратным кредитным плечом. Некоторые кредитоспособные спонсоры могут заполнить весь капитал спонсорским капиталом или корпоративным долгом, не обращаясь за финансированием проекта.²¹

Однако в мировой практике встречаются ситуации, когда государственным органам не хватает необходимого капитала, а институциональные частные инвесторы избегают возможных ограничений, таких как высокие операционные издержки и возможность невозврата рисков. В связи с этим возникает необходимость в разработке альтернативного способа финансирования. В Германии для решения указанной проблемы было принято решение о формировании концепции финансового участия граждан, которая предполагает, что частные лица вносят свой вклад в реализацию инфраструктурных проектов, инвестируя в проекты ВИЭ с помощью различных бизнес-моделей.

Наиболее распространенной правовой формой участия граждан в Германии является энергетический кооператив, где каждый его член имеет один голос. Проекты могут осуществляться демократическим путем с множеством равных партнеров. В широком смысле энергетические кооперативы часто работают с государственными кредитными учреждениями, такими как сберегательные банки Германии (Sparkassen) или кооперативные банки (Genossenschaftsbanken). Эти финансовые учреждения не просто предоставляют ссуды энергетическим кооперативам, но они также могут помочь привлечь новых членов, предлагая сертификаты акций своим клиентам, участвуя в маркетинге или давая советы по инфраструктуре, строительству или страхованию возобновляемых источников энергии.²²

²⁰ 1. Разработано автором.

2. Raikar S., Adamson S. Tax structures for financing renewable energy projects in the U.S. Renewable Energy Finance. 2020, pp. 67–98.

²¹ Keightley M.P. Marples D.J. Sherlock M.F. Tax Equity Financing: An Introduction and Policy Considerations. Congressional Research Service <https://www.everycrsreport.com/reports/R45693.html>.

²² Yildiz Ç. Financing renewable energy infrastructures via financial citizen participation – The case of Germany. Renewable Energy. 2014 Vol. 68, pp. 677–685.

Еще одним новым направлением финансирования проектов в области возобновляемых источников энергии является краудфандинг. В последние годы было создано несколько краудфандинговых платформ, ориентированных на кооперативы в сфере энергетики, например, CrowdEnergy, Green Crowding, Bettervest и Econeers.²³

В России также осуществляется выработка и использование различных механизмов поддержки проектов по строительству объектов ВИЭ-генерации на розничных рынках, в том числе и систем уличного освещения. Так, в соответствии с Постановлением Правительства №1298 от 29.08.2020 г. сформирован комплексный подход к их отбору и реализации, который сильно отличается от тех, что используются в существующих механизмах поддержки альтернативной энергетики в других странах. В данном случае развитие производства ВИЭ осуществляется посредством изменения объема выработки электроэнергии, а не исходя из установленной мощности генерирующих объектов, функционирующих на основе применения ВИЭ. Основой указанного подхода является договор о предоставлении мощности, позволяющий инвесторам, вкладывающим деньги в проекты по развитию ВИЭ, получать выгоду на основе регулируемых цен на мощность в течение 15 лет.²⁴ Также в качестве инструментов привлечения и эффективной реализации рассматриваемых проектов можно использовать государственно-частное партнерство и бенчмаркинг.²⁵

Таким образом, использование мировой практики в области привлечения инвестиций в проекты, связанные с ВИЭ, совместно с действующими механизмами в России позволит повысить эффективность разработки и реализации проектов в области развития систем уличного освещения на основе применения ВИЭ и энергосберегающих технологий.

Список литературы

1. Net consumption of electricity worldwide in select years from 1980 to 2018 [Электронный ресурс]. Statista. — URL: <https://www.statista.com/statistics/280704/world-power-consumption/>.
2. Electricity domestic consumption. Enerdata. — URL: <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>.
3. Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.
4. Краковский Ю.М., Хоанг Н.А. Моделирование ремонтных работ оборудования на основе случайного процесса риска. Прикладная информатика. 2020. Т. 15. № 6 (90). С. 5–15.
5. Шориков А.Ф., Буценко Е.В. Интеллектуальная программная система оптимизации адаптивного управления процессами бизнес-планирования. Прикладная информатика. 2020. Т. 15. № 5 (89). С. 9–28.
6. Дли М.И., Михайлов С.А., Балябина А.А. Контроллинг процессов энергосбережения на региональном уровне. Контроллинг. 2010. № 35. С. 74–79.
7. Дли М.И., Какатунова Т.В., Петрушко И.Н. Оценка инновационного потенциала предприятия: эксергетический подход. Интеграл. 2010. № 6. С. 46–47.
8. Мешалкин В.П., Дли М.И., Какатунова Т.В. Современные технологии распространения инноваций в промышленности северных регионов России. Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. № 3 (54). С. 179–191.
9. Дли М.И., Какатунова Т.В. Интеграция технопарка в инновационную структуру региона. Проблемы современной экономики. 2008. № 2 (26). С. 252–254.
10. Благодаря модернизации уличного освещения Смоленск сэкономил на оплате электроэнергии 46 млн рублей [Электронный ресурс] // Официальный сайт Администрации города Смоленска. — URL: <https://www.smoladmin.ru/press-centr/novosti/blagodarya-modernizacii-ulichnogo-osvescheniya-smolensk-sekonomil-na-oplate-elektroenergii-46-mln-rublej/>.

²³ Tyl B., Lizarralde I. The Citizen Funding: An Alternative to Finance Renewable Energy Projects. Procedia CIRP. 2017. Vol. 64, pp. 199–204.

²⁴ Программа поддержки ВИЭ на период 2025-2035 гг. // <http://media.rspp.ru/document/1/2/5/2502ae1262d70e4e020677e29ad60c23.pdf>.

²⁵ Симонова Е.В. Стимулирование развития конкурентных преимуществ инновационного бизнеса посредством бенчмаркинга. Современная конкуренция. 2020. Т. 14. № 4 (80). С. 54–67; Сизова Ю.С., Малиновская М.И. Проекты государственно-частного партнерства как форма поддержки предпринимательства. Современная конкуренция. 2020. Т. 14. № 2 (78). С. 36–47.

11. Noguee A., Deyette J., Clemmer S. The Projected Impacts of a National Renewable Portfolio Standard. *The Electricity Journal*. 2007, No.20(4), pp. 33–47.
12. Keightley M.P. Marples D.J. Sherlock M.F. Tax Equity Financing: An Introduction and Policy Considerations. Congressional Research Service <https://www.everycrsreport.com/reports/R45693.html>.
13. S. Altug, Demers F.S., Demers M. The investment tax credit and irreversible investment. *Journal of Macroeconomics*. 2009. No.31(4), pp. 509–522.
14. Lu X., Tchou J., McElroy M.B., Nielsen C.P. The impact of Production Tax Credits on the profitable production of electricity from wind in the US. *Energy Policy*. 2011. No. 39(7), pp. 4207–4214.
15. Raikar S., Adamson S. Tax structures for financing renewable energy projects in the U.S. *Renewable Energy Finance*. 2020, pp. 67–98.
16. Yildiz U. Financing renewable energy infrastructures via financial citizen participation – The case of Germany. *Renewable Energy*. 2014 Vol. 68, pp. 677–685.
17. Tyl B., Lizarralde I. The Citizen Funding: An Alternative to Finance Renewable Energy Projects. *Procedia CIRP*. 2017. Vol. 64, pp. 199–204.
18. Программа поддержки ВИЭ на период 2025–2035 гг. // <http://media.rspp.ru/document/1/2/5/2502ae1262d70e4e020677e29ad60c23.pdf>.
19. Симонова Е.В. Стимулирование развития конкурентных преимуществ инновационного бизнеса посредством бенчмаркинга. *Современная конкуренция*. 2020. Т. 14. № 4 (80). С. 54–67.
20. Сизова Ю.С., Малиновская М.И. Проекты государственно-частного партнерства как форма поддержки предпринимательства. *Современная конкуренция*. 2020. Т. 14. № 2 (78). С. 36–47.

References

1. Net consumption of electricity worldwide in select years from 1980 to 2018 [Electronic resource]. Statista. – URL: <https://www.statista.com/statistics/280704/world-power-consumption/>.
2. Electricity domestic consumption. Enerdata. – URL: <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>.
3. Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. BP p.l.c. 2021. 72 p.
4. Krakovsky Yu.M., Hoang N.A. Simulation of equipment repair work on the basis of a random risk process. *Applied Informatics*. 2020. Vol. 15. No. 6 (90). S. 5–15.
5. Shorikov A.F., Butsenko E.V. Intelligent software system for optimizing adaptive management of business planning processes. *Applied Informatics*. 2020. Vol. 15. No. 5 (89). S. 9–28.
6. Dli M.I., Mikhailov S.A., Balyabina A.A. Controlling of energy saving processes at the regional level. *Controlling*. 2010. No. 35. S. 74–79.
7. Dli M.I., Kakatunova T.V., Petrushko I.N. Assessment of the innovative potential of an enterprise: an exergy approach. *Integral*. 2010. No. 6. S. 46–47.
8. Meshalkin V.P., Dli M.I., Kakatunova T.V. Modern technologies for the dissemination of innovations in the industry of the northern regions of Russia. *The North and the Market: Formation of the Economic Order*. 2017. No. 3 (54). S. 179–191.
9. Dli M.I., Kakatunova T.V. Integration of the technopark into the innovative structure of the region. *Problems of modern economics*. 2008. No. 2 (26). S. 252–254.
10. Thanks to the modernization of street lighting, Smolensk saved 46 million rubles on electricity bills [Electronic resource] // Official website of the Administration of the city of Smolensk. – URL: <https://www.smoladmin.ru/press-centr/novosti/blagodarya-modernizacii-ulichnogo-osvescheniya-smolensk-sekonomil-na-oplate-elektroenergii-46-mln-rublej/>.
11. Noguee A., Deyette J., Clemmer S. The Projected Impacts of a National Renewable Portfolio Standard. *The Electricity Journal*. 2007, No.20 (4), pp. 33–47.
12. Keightley M.P. Marples D.J. Sherlock M.F. Tax Equity Financing: An Introduction and Policy Considerations. Congressional Research Service <https://www.everycrsreport.com/reports/R45693.html>.
13. S. Altug, Demers F.S., Demers M. The investment tax credit and irreversible investment. *Journal of Macroeconomics*. 2009. No.31 (4), pp. 509–522.
14. Lu X., Tchou J., McElroy M.B., Nielsen C.P. The impact of Production Tax Credits on the profitable production of electricity from wind in the US. *Energy Policy*. 2011. No. 39 (7) pp. 4207–4214.
15. Raikar S., Adamson S. Tax structures for financing renewable energy projects in the U.S. *Renewable Energy Finance*. 2020, pp. 67–98.
16. Yildiz U. Financing renewable energy infrastructures via financial citizen participation – The case of Germany. *Renewable Energy*. 2014 Vol. 68, pp. 677–685.

17. Tyl B., Lizarralde I. The Citizen Funding: An Alternative to Finance Renewable Energy Projects. *Procedia CIRP*. 2017. Vol. 64, pp. 199–204.
18. Renewable energy support program for the period 2025–2035 // <http://media.rspp.ru/document/1/2/5/2502ae1262d70e4e020677e29ad60c23.pdf/>.
19. Simonova E.V. Stimulating the development of competitive advantages of innovative business through benchmarking. *Modern Competition*. 2020. Vol. 14. No. 4 (80). S. 54–67.
20. Sizova Yu.S., Malinovskaya M.I. Public-private partnership projects as a form of entrepreneurship support. *Modern Competition*. 2020. Vol. 14. No. 2 (78). S. 36–47.