

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №5, Том 11 / 2019, No 5, Vol 11 <https://esj.today/issue-5-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/20SAVN519.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Воробьев А.Е., Воробьев К.А. // Вестник Евразийской науки, 2019 №5, <https://esj.today/PDF/20SAVN519.pdf>
(доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Vorobev A.E., Vorob'ev K.A. (2019). Distributed solar power. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 5(11).
Available at: <https://esj.today/PDF/20SAVN519.pdf> (in Russian)

УДК 72

Воробьев Александр Егорович

НАО «Атырауский университет нефти и газа», Атырау, Казахстан
Проректор по научной деятельности инновациям
Доктор технических наук, профессор
E-mail: fogel_al@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7324-428X>
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=127898
Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/C-1918-2016>
SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7201693273>

Воробьев Кирилл Александрович

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Бакалавр
E-mail: k.vorobyev98@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5792-3979>
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=887256
SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57193517186>

Распределенная солнечная энергетика

Аннотация. Доля возобновляемых источников энергии на нашей планете в настоящее время составляет 23 % от всего производства электроэнергии в мире и существует необходимость дальнейшего ее увеличения. В статье показаны перспективные пути развития «точной» солнечной энергетика, под которой понимается любой объект городской инфраструктуры или какая-то отдельная его часть. Солнечная энергетика базируется на использовании фотовольтаических устройств: солнечных батарей, кирпичей, блоков, плиток, жалюзи и др. Широкое распространение солнечных батарей и других аналогичных устройств позволит снизить общую энергоемкость ВВП Российской Федерации на 1,5 %, а также приведет к увеличению ВВП РФ на 0,3 %, снижению выбросов парниковых газов на 2,84 млн т в год и созданию 100 тыс. новых инновационных рабочих мест. Авторы отмечают, что фотовольтаика, как перспективное направление современной энергетика, представляет собой единственную известную в настоящее время технологию прямого превращения энергии солнечного света в электричество. В этой технологии солнечные батареи (фотоэлектропреобразователи) позволяют преобразовывать световое излучение непосредственно в электроэнергию, минуя различные стадии механической и тепловой форм энергии.

Ключевые слова: точечная энергетика; солнечные батареи; кирпичи; блоки; плитки; жалюзи

Введение

Согласно данным доклада Всемирного энергетического совета, доля возобновляемых источников энергии на нашей планете в настоящее время составляет 23 % от всего производства электроэнергии в мире (табл. 1) и существует необходимость дальнейшего ее увеличения.

Таблица 1

Вклад в мировой энергобаланс возобновляемых источников энергии¹

Source	Installed Capacity 2004 [GW] and (%) share		Installed Capacity 2014 [GW] and (%) share		Average Annual Growth Rate (%)	2014 Production [TWh] and (%) share		Average Equivalent Operating Hours [h]
 Hydro	715GW	18.8%	1,055 GW	17.1%	4%	3,898TWh	16.6%	3,694
 Wind	48GW	1.3%	370GW	6.0%	23%	728TWh	3.1%	1,967
 Biomass	39GW	1.0%	93GW	1.5%	9%	423TWh	1.8%	4,545
 Solar	3GW	0.1%	181GW	2.9%	51%	211TWh	0.9%	1,168
 Geothermal	9GW	0.2%	13GW	0.2%	4%	94TWh	0.4%	7,225
 Total Renewables	814GW	21.4%	1,712GW	27.7%	8%	5,353TWh	22.8%	3,127
 Total Conventional (Oil, Gas, Coal) and Nuclear	2,986GW	78.6%	4,468GW	72.3%	4%	18,127TWh	77.2%	4,057
TOTAL	3,800GW	100%	6,180GW	100%	5%	23,480TWh	100%	3,799

Широкое распространение солнечных батарей и других аналогичных устройств позволит снизить общую энергоемкость ВВП Российской Федерации на 1,5 %, а также приведет к увеличению ВВП РФ на 0,3 %, снижению выбросов парниковых газов на 2,84 млн т в год и созданию 100 тыс. новых инновационных рабочих мест.

Кроме того, в связи с наблюдаемым в настоящее время глобальным потеплением климата [1; 2], использование солнечного света для широкомасштабного получения электрической энергии представляет собой реальный путь, в результате которого не будет нарушаться сложившийся тепловой баланс нашей планеты.

При этом территория Российской Федерации обладает достаточно значительными ресурсами солнечного излучения (рис. 1, табл. 2).

¹ Доклад «Всемирного Энергетического совета» «Интеграция возобновляемых источников в энергетических системах 2016», <https://www.worldenergy.org/publications/2016/variable-renewable-energy-sources-integration-in-electricity-systems-2016-how-to-get-it-right>.

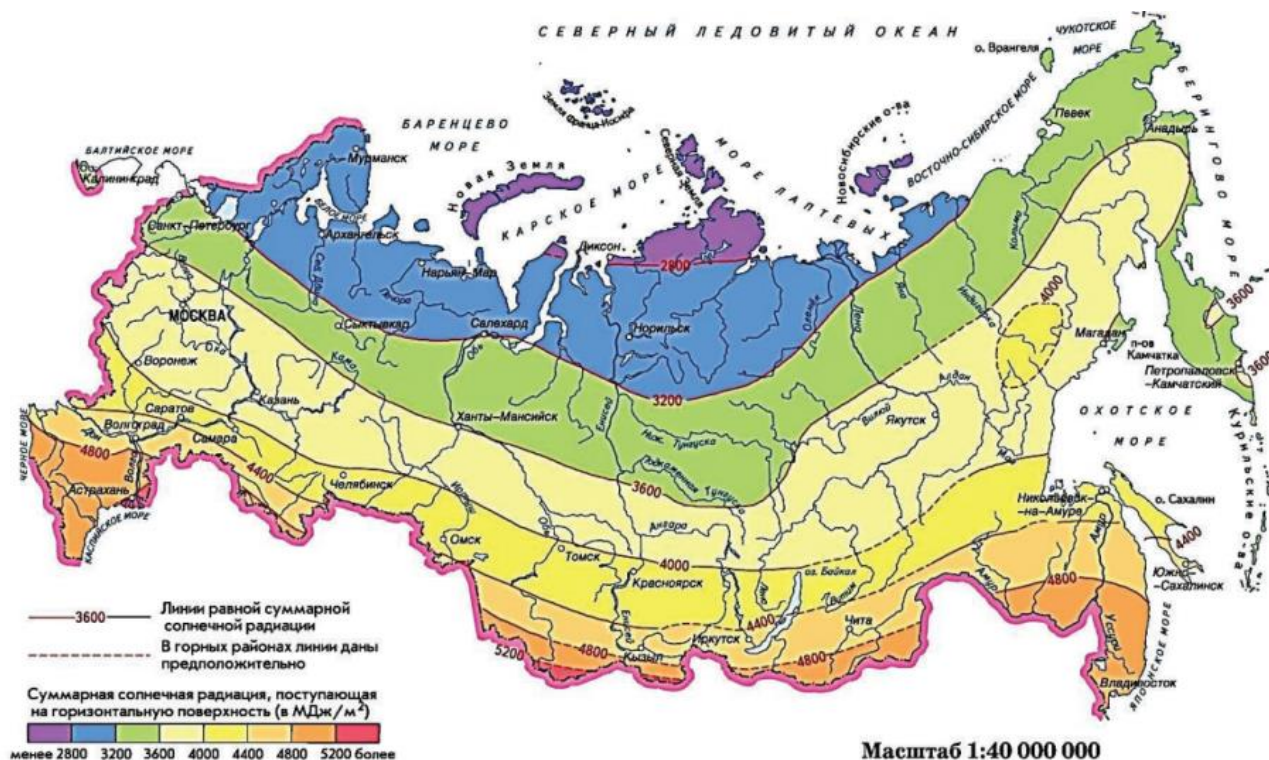


Рисунок 1. Ранжирование территории РФ по степени поступления солнечного излучения

Таблица 2

Суммарная мощность солнечного излучения и расчетное количество генерируемой электроэнергии для различных территорий в Западной Европе и России [3]

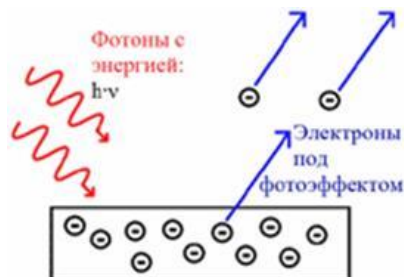
Страна	Город	Суммарная мощность солнечного излучения в год, Вт / кв. м (при оптимальном угле уклона)	Расчетное количество генерируемой электроэнергии*, кВтч	
			в день (июнь)	в год
Бельгия	Антверпен	2983	3,6	842
Германия	Гамбург	3023	3,7	856
Чехия	Прага	3154	3,8	892
Италия	Милан	4021	4,4	1127
Испания	Барселона	4796	4,6	1333
Россия	Москва	3152	4,0	896
	Калининград	3152	4,0	890
	Калуга	3262	4,0	928
	Казань	3392	4,3	965
	Кисловодск	3918	4,0	1096
	Владикавказ	4062	4,3	1162
	Краснодар	4141	4,4	1154

Основная часть

Фотовольтаика, как перспективное направление современной энергетики, представляет собой единственную известную в настоящее время технологию прямого превращения энергии солнечного света в электричество. В этой технологии солнечные батареи (фотоэлектропреобразователи) позволяют преобразовывать световое излучение непосредственно в электроэнергию, минуя различные стадии механической и тепловой форм энергии.

Основу энергопреобразующих элементов солнечных батарей составляют полупроводниковые диоды, помещенные между 2-х проводящих слоев с различными типом (электронной – n и дырочной – p) электрической проводимости [4]. В результате работа солнечных батарей базируется на протекании в полупроводниковой структуре с p-n-переходом (гетеропереходом, барьером Шоттки) явления фотоэффекта.

Когда солнечный свет поглощается в полупроводнике, то в нем генерируются многочисленные электроны и дырки, которые затем диффундируют к электрическим контактам, тем самым создавая в подобном устройстве электрический ток:



Теоретически, для производства электрического тока, могут быть использованы все виды спектра (от инфракрасного до ультрафиолетового) солнечного света, однако такая возможность напрямую зависит от типа и конфигурации используемых материалов.

Солнечные батареи имеют типовое устройство (рис. 2).

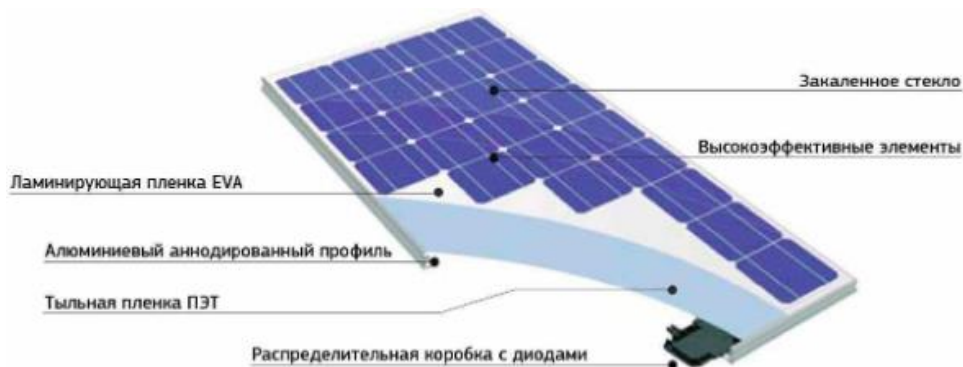


Рисунок 2. Принципиальное устройство солнечной батареи

Предпосылки роста объемов солнечной энергетики обусловлены возможностью существенного увеличения мощности солнечных электростанций (рис. 3). Однако, широкое использование солнечных батарей зачастую ограничивает высокая стоимость, значительные площади и их относительно низкий КПД [4].

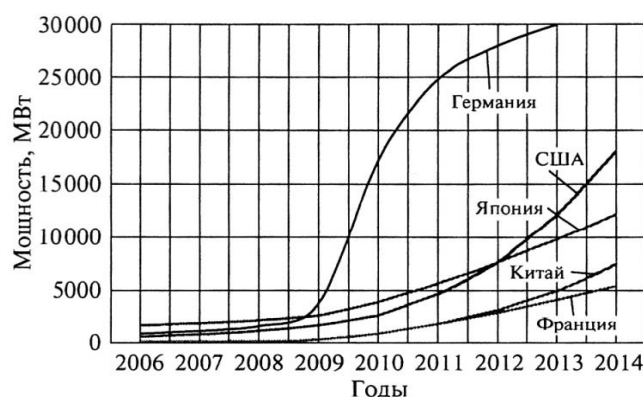


Рисунок 3. Рост установленной мощности солнечных электростанций

В настоящее время наметилось несколько направлений дальнейшего развития солнечных батарей, осуществляемых на основе нанотехнологий (рис. 4).

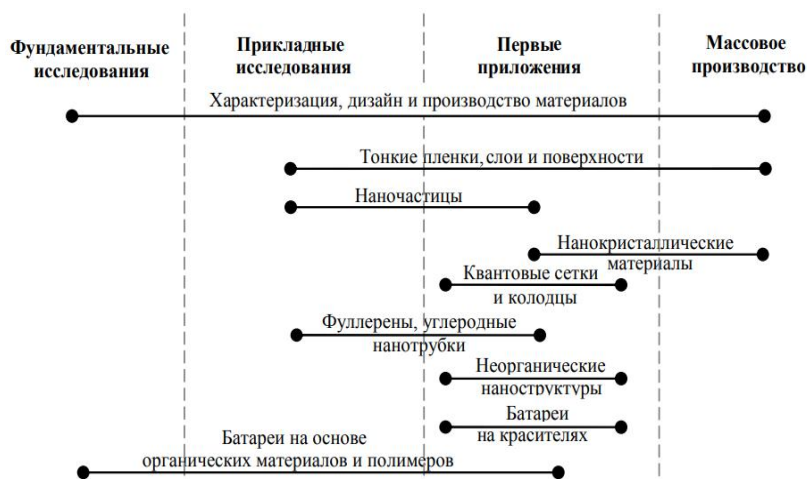


Рисунок 4. Стадии развития солнечных батарей на основе нанотехнологий [4]

Кремниевые солнечные батареи, на долю которых в настоящее время приходится около 90 % рынка фотовольтаических устройств, изготавливаются преимущественно 2-х типов: монокристаллические и поликристаллические [4]. Первые имеют наибольший КПД (для коммерческих продуктов обычно составляющий 15 %, а в лабораторных условиях – доходящий до значения 25 %), но такие солнечные батареи пока еще довольно дороги, т. к. в них в качестве материала для энергопреобразователя используется сверхчистый полупроводник. Поликристаллические батареи значительно дешевле, но из-за имеющихся нерегулярностей используемой для энергопреобразования кристаллической структуры их КПД несколько ниже.

Активные покрытия в виде **аморфных тонких плёнок** могут быть нанесены на различные (жесткие и гибкие) подложки. В настоящее время в солнечных батареях в качестве материала энергопреобразователя наиболее широко используется аморфный кремний [4]. В 2003 г. доля тонкопленочных солнечных батарей в общем мировом объеме их производства приблизительно составляла 6 %.

Солнечные батареи на основе пленок значительно дешевле кремнийкристаллических, поскольку в них для формирования энергопреобразователя используется гораздо меньше материала. Однако их КПД сравнительно низок (составляет 8 %). В настоящее время при производстве тонких пленок используются и другие материалы: диселенид меди и индия и теллурид кадмия.

Руководитель коллектива физиков Стэнфордского университета Сяолин Чжен разработал инновационные солнечные батареи-наклейки, оформленные в виде пленок SiO_2 и никеля нанометровой толщины.

Основная отличительная особенность данных солнечных батарей заключается в применении подложек, которые могут изгибаться в разные стороны (рис. 5), а потому могут быть использованы на любых неровных поверхностях (например, на гаджетах, рамах велосипедов, различных предметах одежды и т. д.) [5].



Рисунок 5. Тонкопленочные фотогальванические батареи [5]

Солнечные батареи, сенсibilизированные красителями, конвертируют солнечный свет в электроэнергию, с помощью механизма, сходного с фотосинтезом растений. Для этого в них, при поглощении света молекулой красителя, образуются свободные электроны и происходит последовательный их перенос в наноструктурированный оксид титана. КПД таких батарей сравнительно низок – до 10 % (в экспериментальных образцах).

Хотя также батареи могут быть изготовлены из относительно дешевых материалов невысокой чистоты [4], их проблема – это довольно высокая сложность и трудоемкость их производства, поскольку перенос электронов требует в качестве рабочей среды наличия электролита. Тем не менее, стоимость таких солнечных батарей примерно на 60 % меньше, чем кремниевых, поэтому в будущем их рыночная доля, возможно, вырастет.

В **полимерных батареях**, в качестве тонких пленок используют некоторые органические полимеры (например, полифениленвинилен), имеющие необходимые для выработки электроэнергии свойства полупроводников [4]. При этом у них довольно низкая себестоимость, однако низок и КПД. К тому же они довольно чувствительны к воздействию газов атмосферы и влажности.



Рисунок 6. Возможные пути развития солнечных батарей [4]

Многослойные солнечные батареи – это устройства, имеющие многослойную структуру, которая формируется из слоев различных полупроводниковых материалов с различной шириной энергетической зоны [4]. При этом в 3-х слойной батарее уже достигнут КПД, равный 34 %. В 2012 г. американская компания Solar Junction сообщила о создании 3-х переходного солнечного элемента, в котором Ge был заменен сложным соединением GaInNaAs(Sb). В результате эта солнечная батарея имеет КПД, равный 43,5 % [6].

Квантовые колодцы, углеродные нанотрубки и фуллерены, нанонити и дендримеры также имеют важное значение, как материалы для солнечных батарей [4; 7; 8].

В настоящее время имеются различные пути (рис. 6) дальнейшего совершенствования солнечных батарей.

После того, как солнечные батареи были разработаны для использования на орбитальных спутниках Земли, они получили довольно широкую доступность и используются для получения электроэнергии в электрических автомобилях и легкомоторных самолетах (рис. 7).

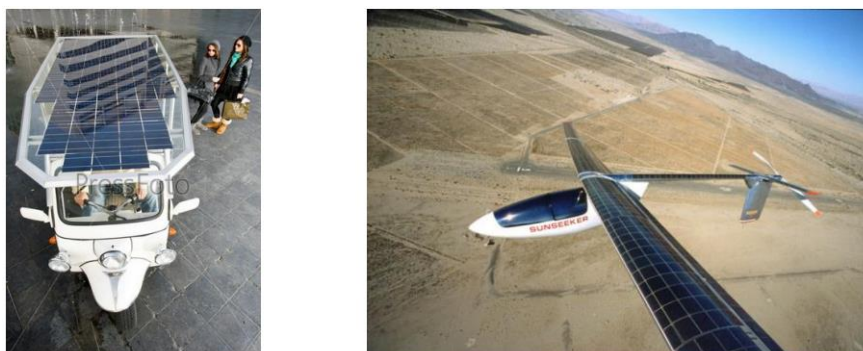


Рисунок 7. Электромобили и самолеты с солнечными батареями

Солнечные батареи имеют различное применение, прежде всего как устройство для получения электричества, зачастую расположенное на крышах домов, но пока еще обладающие не особо высокой внешней привлекательностью (рис. 8).



Рисунок 8. Солнечные батареи на крышах домов

Хотя в настоящее время американский стартап Sistine Solar уже создал адаптивные солнечные батареи в виде особых панелей², которые могут демонстрировать заранее заданное изображение: на крыше здания в цвете можно изобразить лес, траву, воду, различные изображения (картины художников и фотографии), флаги, т. е. любые рисунки по желанию владельца.

Для чего применяемая Sistine технология использует управляемую фильтрацию световых лучей². В результате солнечный свет образует на солнечной панели заранее определенное изображение и в то же время проникает внутрь, попадая на фотоэлементы, вырабатывая электрический ток. При этом панели SolarSkin с возможностью отображения различных рисунков стоят всего лишь на 10 % дороже традиционных.

Также весьма перспективно устройство на автостоянках солнечных навесов (рис. 9), на которых размещены солнечные батареи и которые одновременно обеспечивают для автомобилей необходимую тень.

² Появятся ли на крышах домов солнечные панели-хамелеоны? // Кровельные и изоляционные материалы №5, 2017. С. 44.



Рисунок 9. Автостоянка с солнечными навесами

Также необходимо отметить, что зачастую автостоянки являются не всегда использованной возможностью для установки солнечных батарей. Так, по данным Национальной лаборатории им. Лоуренса (Беркли) автодорожные покрытия составляют от 35 до 50 % общей площади городов, а 40 % этих покрытий составляют автостоянки.

Кроме этого, можно выделить целый ряд инновационных решений также уже осуществленных в этой области:

- станции городского велопроката;
- паркоматы (рис. 10);
- автономные мачты освещения;
- wi-fi точки (рис. 11);
- микроэлектростанции для различных гаджетов.



Рисунок 10. Паркомат с солнечным модулем на улице города

Также широко применяются автономные модули бесплатного доступа в Интернет, с электричеством обеспечиваемыми солнечными батареями такими, как например, «СОЛАРИС W» (рис. 11).

Также необходимо отметить, что практически с самого начала человеческой цивилизации основными строительными материалами были глина, дерево и камень. Спустя тысячу лет площадь городов значительно увеличилась, при этом их здания стали стремительно расти в высоту, одновременно расширилась между городами сеть автодорог, возникли взлетно-посадочные полосы и другие похожие объекты, и наступила эпоха бетона и стали, а также асфальта. Однако, сегодня настало время во многих случаях заменить используемый материал стеклянными (прозрачными) солнечными батареями.



Рисунок 11. Автономный модуль беспроводного доступа к Интернету с солнечной батареей

Фотогальваническая черепица несколько моложе солнечных батарей: впервые она была использована в коммерческих целях в 2011 г. в Колорадо (США). В рамках тенденции непрерывного стремления к уменьшению мировой зависимости от невозобновляемых энергетических ресурсов главный исполнительный директор компании Tesla Илон Маск объявил об очередном шаге, который эта компания сделала в направлении экологической революции – создании солнечной черепицы Tesla Solar. Первая коммерческая партия солнечной черепицы была выпущена компанией Dow, по оценкам которой рынок фотогальванической черепицы к 2020 г. достигнет объема 10 млрд долларов.

Фотогальваническая черепица является результатом объединения фотоэлектрических ячеек с элементами черепичной кровли. Такая черепица способна одновременно генерировать электрический ток подобно традиционной солнечной батарее, передавая его накопителям – аккумуляторам, и защищать здание от внешней среды аналогично классической черепице.

Для этого на относительно небольшие (длиной 2,88 м и шириной 44,5 см) листы из битумного материала крепятся фотогальванические элементы, состоящие из гальванических ячеек, сформированных несколькими слоями аморфного кремния.

Каждая такая ячейка соединена с другой диодами, а уже к листам–основам выведен общий кабель, который на стыке пломбируется специальными накладками. Коммутация «солнечных черепиц» между собой производится последовательно для получения относительно большого электрического напряжения на выходе: так, напряжение каждой черепицы составляет 1–1,2 В и электрический ток около 7–8 А.

После сборки такая черепица представляет собой сборную солнечную панель (рис. 12), по виду очень похожую на традиционную черепицу, с той лишь разницей, что может генерировать электроэнергию. В настоящее время осуществляют производство 4-х текстур солнечной черепицы: гладкое стекло, текстурированное стекло, тосканское стекло и шифер.



Рисунок 12. Панели солнечных батарей

Себастиан Браат (Sebastian Braat), выпускник университета Западного Сиднея (University of Western Sydney), разработал «Солнечную черепицу» (Solar roof tiles), сочетающую в себе сразу 3 функции.

По его технологии «Солнечная черепица» – это плитки, состоящие из основы (поликарбоната) и 2-х главных слоёв. Один из них – солнечные батареи, а другой – тонкий прозрачный резервуар с теплоносителем. Кроме этого, еще один слой используется в качестве защитного: из стекла, имеющего высокую прочность, но плотность которого в 5 раз ниже, чем у бетона, т. е. такая черепица в 3–5 раз легче традиционной черепицы.

Такая черепица используют солнечный свет для выработки электричества (на что идёт 12–18 % падающей световой энергии), а также – для подогрева воды (что обеспечивается солнечными лучами, не воспринятыми фотоэлектрической панелью).

Для получения мощности в 1 кВт необходимо на кровле уложить 50 черепиц (размером 66 см x 42 см x 8 см каждая) на площади 12–13 м².

Черепица через теплообменник подогревает водопроводную воду до 65 °С. Горячая вода по трубопроводу поступает в водопроводный бак-аккумулятор и используется для хозяйственно-бытовых нужд.

Для хранения электроэнергии, получаемой от такой солнечной черепицы, используется батарея Powerwall-2, со встроенным инвертором. Емкость этой литий-ионной батареи составляет 14 кВт-ч, а весит она 120 кг, и устанавливается на пол или на стену.

Гарантированный срок эксплуатации такой батареи – 10 лет, количество циклов «заряда – разряда» неограниченно. Номинальная мощность, которую можно непрерывно и безопасно потреблять от батареи – до 5 кВт. На данный момент такая батарея стоит 5500 \$, а в сумме вся система – 27300 долларов.

Кроме «Солнечной черепицы» в жилых и производственных помещениях возможно использование и умных солнечных жалюзи SolarGaps. Они были разработаны довольно похожими на традиционные оконные жалюзи (рис. 13), где внешняя оболочка выполнена из очень прочного и долговечного алюминия, но они умные (могут самостоятельно изменять наклон своих планок-полосок, наиболее оптимально по отношению к падающему солнечному свету) и покрыты фотоэлектрическими модулями.



Рисунок 13. Умные солнечные жалюзи

Такое решение подходит для тех, кто не может (съёмное жильё) или не хочет устанавливать солнечные панели на крыше своего дома, однако благодаря использованию в них солнечной энергии происходит сокращение на 70 % расходов на электроэнергию. В

настоящее время солнечные жалюзи способны генерировать до 100–150 Вт возобновляемой электрической энергии на каждые 1 м² окна, что вполне достаточно для питания 30 светодиодных ламп или 3-х MacBook. Это устройство идеально подходит для зарядки смартфонов и планшетов. В одной планке жалюзи вполне достаточно мощности, чтобы заряжать USB-устройство.

Кроме этого, группа ученых с факультета техники, математики и физики Эксетерского университета (UoE) в Великобритании разработала новую технологию³, которая может совершить революцию в строительной индустрии – строительные блоки со встроенными солнечными элементами.

Это устройство по форме и размерам ничем не отличается от обычного кирпича (строительного блока), только функционирует (накапливает энергию и светится в темноте) от солнечной энергии.

Такой святыщийся кирпич (блок) представляет собой пластиковый корпус, в котором заключены:

- аккумулятор;
- светодиоды;
- фотоэлементы.

Стеклянные блоки Solar Square (рис. 14), на которые был получен патент на изобретение, содержат оптические ячейки, которые особым образом фокусируют солнечный свет на фотоэлементах, встроенных в процессе формирования в каждый такой блок³. Их роль заключается в том, чтобы улавливать солнечный свет и преобразовывать его в энергию электричества, пригодного для дальнейшего промышленного и бытового использования.



Рисунок 14. Солнечный блок

Фасады домов, построенные из этих солнечных кирпичей (блоков), получивших название Solar Squared³, будут способны вырабатывать электроэнергию и при этом обладать возможностью пропускать внутрь здания солнечный свет.

Солнечные кирпичи были разработаны по модульному принципу³, поэтому архитектурные решения на их основе обладают довольно высокой гибкостью и масштабируемостью, и могут применяться в самых разнообразных сооружениях.

³ Солнечные кирпичи – два в одном Текст электронный // <https://www.trizland.ru>, 01.11.2017. [сайт]. URL://<http://hl.mailru.su/mcached?q=https%3A%2F%2Frussian.worldbuild365.com%2Fnews%2F%20dndyto26r%2Fhvac%2Fsolnechnye-kirpichi-dva-v-odnom&qurl=http%3A%2F%2Frussian.worldbuild365.com%2Fnews%2Fdndyto26r%2Fhvac%2Fsolnechnye-kirpichi-dva-v-odnom&c=18-1%3A583-1&r=10551569&frm=webhsm>.

В качестве аккумуляторов в них используются никеле-марганцовые источники. Накопленной в них электрической энергии хватает на 8 часов работы светящегося кирпича. При непрерывной работе такое устройство может прослужить 80 тыс. часов.

Параметры аккумулятора такого солнечного кирпича следующие:

- номинальное напряжение – 12 В;
- потребляемая мощность – 0,24–1,68 Вт.

В зависимости от желания потребителя можно приобрести и использовать «солнечные кирпичи» следующих цветов:

- белый;
- оранжевый;
- красный;
- зеленый;
- синий.

Работы по их укладке не имеют особых технологических сложностей. Сложные кирпичи имеют шероховатую поверхность, поэтому можно использовать обычный цементный раствор или клей. Так как корпус такого кирпича (блока) состоит из композита, то он имеет высокую прочность, которую можно сравнить с характеристиками высококачественного бетона.

Эти светопреобразующие технологии весьма важны потому, что существующие разнообразные здания и сооружения потребляют более 40 % всей производимой в мире электроэнергии³. А традиционное использование существующих солнечных батарей в основном сдерживаются их довольно большой занимаемой площадью и невысокими эстетическими их качествами.

Еще один вариант инновационного строительного блока, где используется энергия солнечного света, предусматривает наличие газонепроницаемого внешнего слоя и пористой сердцевины⁴. При этом наружная основная поверхность такого мехатронного блока обладает возможностью водоотливом, а также датчиком температуры (биметаллической пластиной) и элементом солнечной батареи. Для этого между наружной и внутренней поверхностями такого мехатронного блока установлен вакуумный насос, с приводом от солнечной батареи и емкостью для сбора воды. Насос снабжен трубками, одна из которых соединяет его с пористой сердцевиной, а другая – с отверстием на наружной поверхности мехатронного блока. Емкость для сбора воды также снабжена трубками, одна из которых соединяет ее с водоотливом, а другая, – с пористой сердцевиной такого мехатронного блока, а кроме этого имеет клапан, управляемый биметаллической пластиной (обладающей регулировкой на закрывание клапана при наружной температуре ниже комнатной и открытие его при наружной температуре выше комнатной).

Кроме этого, для выработки электроэнергии предлагается использовать «умные солнечные плитки», которые придумали американские изобретатели Скотт и Джули Брусоу (Scott and Julie Brusaw) и оформили в виде плитки для мощения тротуаров (рис. 15) и автомобильных дорог, в которые вмонтированы солнечные батареи.⁵ Эти плитки сделаны из

⁴ Король Е.А., Макаров Г.В., Слесарев М.Ю., Теличенко В.И. Мехатронный строительный блок // Патент на изобретение РФ N 2304204. 2007.

⁵ «Солнечные кирпичи» вырабатывают электроэнергию. Текст электронный // <https://www.trizland.ru>, 08.06.2014. [сайт]. URL: <https://www.trizland.ru/ideas/2835/>.

закалённого стекла и выдерживают нагрузку в 25 000 фунтов, т. е. эти плитки без поломки выдерживают вес тяжелого автомобиля. В плитку вмонтированы разноцветные светодиоды, что даёт возможность управления дорожной разметкой или различными знаками и текстами прямо на дороге.



Рисунок 15. Солнечные плитки на тротуарах

Шестиугольная форма (рис. 16) солнечной плитки выбрана потому, что в этом случае у нее имеется 6-ть сторон, которые повернуты под углом в 45° , таким образом, что получается призма⁵. В результате, независимо от того, где находится на горизонте Солнце, призма направляет солнечный свет прямо на солнечные батареи. А светодиоды расположены в нижней части этих шестиугольников, поэтому их свет хорошо заметен с шести направлений.

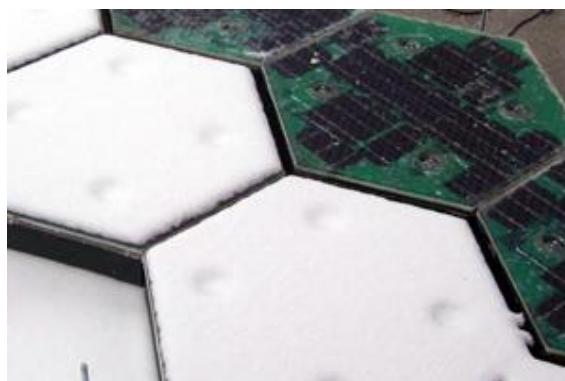


Рисунок 16. Форма солнечной плитки

Такой подход весьма эффективен для строительства и эксплуатации автодорог: вместо привычного асфальта, полотно автодороги предлагается сделать из солнечных батарей⁶, а также светодиодов, нагревательных элементов и микропроцессоров для управления такой «умной» дорогой.

Как показали тесты на демонстрационной автодороге (рис. 17), с небольшим участком энерговырабатывающего покрытия, расположенному в холодном Северном Айдахо, удается развить мощность в 3600 Ватт⁵.

⁶ Дорога из «солнечного кирпича» // BIZ00mie.com, 18/05/2014 // <http://bizoomie.com/doroga-iz-solnechnogo-kirpicha>.



Рисунок 17. Демонстрационный участок

На полотно такой автодороги не требуется наносить разметку, т. к. светодиоды, внедренные в ее полотно, будут получать энергию непосредственно от солнечных батарей. Также из светодиодов планируется сделать и установить вдоль такой автомагистрали знаки ограничения скорости и другие сообщения, касающиеся организации дорожного движения. При чем эта автодорога будет сама избавляться от снега и луж – с помощью нагревательных элементов и, самое главное, она сможет снабжать электричеством как расположенные рядом жилые дома, так и проезжающие по ней электромобили.

Власти штата Миссури в США решили построить у себя автотрассу (рис. 18), полностью мощенную солнечными плитками, которые будут вырабатывать электричество.⁷ Экспериментальной дорогой (в рамках проекта Road to Tomorrow – «Дорога в завтра») должен стать проходящий по территории этого штата участок исторической трансамериканской автострады – шоссе 66 (Route 66).



Рисунок 18. Проект автотрассы Road to Tomorrow⁷

В китайском городе Цзинань (административный центр провинции Шаньдун) открыли участок автодороги из фотоэлектрических элементов, которые будут генерировать электроэнергию⁸. Непосредственно дорожное полотно данного участка состоит из 3-х слоев – светопроницаемого бетонного покрытия, солнечных панелей, сделанных из кристаллического кремния, и водонепроницаемого защитного слоя. Общая толщина этих трех слоев не превышает 3-х сантиметров. Поверхность такой автотрассы уже продемонстрировала хорошие показатели несущей способности и сопротивления скольжению (в том числе в экстремальных погодных условиях).

Электричество, добытое при помощи такого дорожного полотна, будут направлены на обеспечение инфраструктуры: питало дорожные фонари, информационные дисплеи на дороге

⁷ В США появится дорога из солнечного «кирпича», Текст электронный // «PostHunt.Net», 15 июля 2016 г., [сайт]. URL: <https://cont.ws/@ramires/319980>.

⁸ В Китае строят дорогу, вырабатывающую электричество // Текст электронный // Сетевое издание "Вести.Ру", 25.12.2017. [сайт]. URL: https://auto.vesti.ru/news/show/news_id/686192/.

и автоматическую систему распыления антигололедных реагентов, обеспечивало светом туннели и пункты взимания платы за проезд, а также зарядку движущихся по автодороге электроавтомобилей. Избыточная энергия передавалась в электросеть.

Общая протяженность участка дороги из солнечных батарей составляет 1,12 километра, общая площадь фотоэлектрических панелей достигает 5870 м². Фотоэлектрическими панелями покрыта одна полоса и часть обочины обводного шоссе, идущего вокруг города (рис. 19).



Рисунок 19. Фотоэлектрический участок авторассы

Пиковая мощность дороги составляет 817,2 кВт⁸. За 100 с лишним дней эксплуатации первый в Китае тестовый участок скоростной автодороги, покрытый фотоэлектрическими панелями, выработал почти 100 тыс. кВт-ч электричества. При этом каждый 1 м² такого дорожного полотна будет приносить до 15 \$ прибыли в год. Проектный срок эксплуатации составляет 20 лет. Если во Франции строительство аналогичной "солнечной дороги" обошлось в 2000 евро за 1 м², то в Китае эту цифру смогли снизить более чем на 50 процентов.

Кроме этого компания Sunrise Solar Corp. уже начала продажи разработанной ею системы новаторского напольного освещения.⁹ Эта система (носящая название "солнечный кирпич") состоит из высокоэффективной солнечной ячейки (рис. 20), устройства хранения энергии и системы освещения, а также окружающей энергетический модуль, выполненный квадратом или прямоугольником.



Рисунок 20. Солнечный кирпич компании Sunrise Solar Corp⁹

Встроенная в такое устройство солнечная ячейка преобразует свет Солнца в электрическую энергию, а аккумулятор хранит её. Электрическая подсветка автоматически включается после наступления темноты. Возможны любые варианты используемых светодиодов – различная форма, образуемый рисунок и цвет.

⁹ Грузите "солнечные кирпичи" бочками. Текст электронный // Неофициальный сайт, посвященный Рязанской ГРЭС и энергетике России. [сайт]. URL: <http://ryazgres.ru/gruzite-solnechnye-kirpichi-bochkami/>.

Некоторые характеристики продукции «Солнечный кирпич»⁹:

Материал солнечного элемента: прозрачный кремний, 2V/500 mA.

Высокоёмкие аккумуляторы: Ni-MH НТ ААА, высокотемпературная батарея 1, 2V/4000 мАН.

Источник света: 12 ед. сверхярких светодиодов.

Цвет освещения: любой.

Время работы: 8–10 часов (3–4 часа при зарядке в дождливый день).

Диапазон рабочих температур: от -25 до +80 °С.

Материал светильника: боро-кремниевое стекло.

Материалы корпуса: нержавеющая сталь и силиконовый водонепроницаемый гель.

Размер: квадрат 202 мм*202 мм, толщина 55 мм.

Вес: 3,2 кг.

Пока такой кирпич с подсветкой стоит \$59 за двойную упаковку.

Устройство имеет довольно продолжительный срок работы, не требует подведения электричества и других коммуникаций, может использоваться для напольного освещения общественных мест (рис. 21), улиц и мостов, а также для создания особого ландшафтного дизайна в садах и парках.

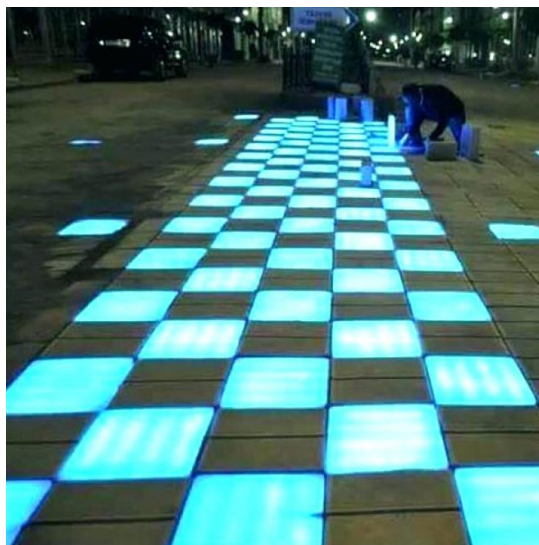


Рисунок 21. Система освещения тротуара

Другая технологическая разработка принадлежит авторству британской компании Pavegen Systems Ltd – инновационная тротуарная плитка, производящая электроэнергию благодаря шагающим по ней пешеходам. Изготавливается такая плитка из переработанной резины от бывших автомобильных покрышек и полимерного бетона, что делает эту плитку водонепроницаемой и прочной, а также устойчивой к истиранию. Корпус плитки изготовлен из особой нержавеющей стали.

В центре каждой такой плитки встроен светодиод, загорающийся при наступании на плитку. Когда нога человека нажимает на поверхность, верхняя грань прогибается на 5 миллиметров и заставляет интегрированный преобразователь (на основе пьезоэлектриков) генерировать электричество.

С этой целью ученые из Университета Оулу создали материал, вырабатывающий электричество от различных источников, на основе использования перовскита состава $(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$, легированного 2-мя % $\text{Ba}(\text{Ni}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})\text{O}_{3-\delta}$ [9].

Получаемая электроэнергия либо накапливается в аккумуляторе, выполненного из лития для дальнейшего использования, либо может быть сразу же использована для питания освещения реклам, витрин, остановок и др. Первоначально у производителей была идея в питании от энергии шагов пешеходов только фонарей, расположенных вдоль тротуаров, а сейчас область применения такой выработанной энергии расширилась.

Пять плиток питают 1 уличный фонарь на протяжении всей ночи. В качестве эксперимента энергогенерирующая плитка была уложена в Лондоне перед крупнейшим городским торговым центром Европы – Westfield Stratford City и на нескольких многолюдных улицах в районе проведения олимпиады ещё в 2012 г., и за 2 недели собрали 20 мегаджоулей электроэнергии, чего хватило для питания освещения центральных лондонских улиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А.Е., Пучков Л.А. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: Учебник. Ч. I. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 442 с.
2. Воробьев А.Е., Пучков Л.А. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: Учебник. Ч. II. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 468 с.
3. Агеенко М.В., Деенков А.И. “Солнечные” кровли – перспективное направление повышения энергоэффективности при эксплуатации зданий // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения N 3–4. 2016. С. 50–53.
4. Сычёв В.В. Нанотехнологии для энергосбережения: прогноз наиболее значимых областей исследования // Российский Химический журнал N 6. 2008. С. 118–128.
5. Никанин А.И., Суматохин Е.Д., Логинов М.А. Современные разработки систем возобновляемой энергии для ежедневного использования // Точная наука N 27. 2018. С. 70–73.
6. Тимофеев С.С., Максимова И.Ф. Проблемы использования солнечных энергетических установок в России и мире // Сборник докладов. Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения: Завалишинские чтения. 2018. С. 167–175.
7. Воробьев А.Е. Физические основы взаимодействия светового излучения с наночастицами // В сборнике: Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья. Материалы XX Международной научно-технической конференции. ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, 2015. С. 115–123.
8. Санакулов К.С., Воробьев А.Е., Норов Ю.Д. Начало промышленного применения нанотехнологий в недропользовании. Ташкент. Фан. 2017. 496 с.
9. Григорий Копиев. Финны научили материал вырабатывать электричество из трех источников // Текст электронный // N+1, 09.06.2017. [сайт]. URL: <https://nplus1.ru/news/2017/06/09/energy-from-three-sources>.

Vorobev Aleksander Egorovich

Atyrausky university of oil and gas, Atyrau, Kazakhstan
E-mail: fogel_al@mail.ru

Vorob'ev Kirill Aleksandrovich

Peoples' friendship university of Russia, Moscow, Russia
E-mail: k.vorobyev98@mail.ru

Distributed solar power

Abstract. The share of renewable energy sources on our planet currently accounts for 23 % of all electricity production in the world and there is a need for its further increase. The article shows the promising ways of development of the "point" solar energy, which is understood as any object of urban infrastructure or some separate part of it. Solar energy is based on the use of photovoltaic devices: solar panels, bricks, blocks, tiles, shutters, etc. The widespread use of solar panels and other similar devices will reduce the total energy intensity of the GDP of the Russian Federation by 1.5 %, and will also increase the GDP of the Russian Federation by 0.3 %, reduction of greenhouse gas emissions by 2.84 million tons per year and the creation of 100 thousand new innovative jobs. The authors note that photovoltaics, as a promising area of modern energy, is the only currently known technology for the direct conversion of sunlight into electricity. In this technology, solar panels (photoelectric converters) allow you to convert light radiation directly into electricity, bypassing the various stages of mechanical and thermal forms of energy.

Keywords: dot power; solar batteries; bricks; blocks; tiles; blinds