

УДК 620.93

Применение энергоэффективных возобновляемых источников энергии в энергетике Республики Беларусь: солнечные батареи

Круподёров Е.С., Бурак Д.М.

Научные руководители – д.т.н., профессор КАРНИЦКИЙ Н.Б.,
к.э.н., доцент КРАВЧЕНКО В.В.

Если основываться на метеорологических данных, то в Беларуси наблюдается порядка 30-ти ясных солнечных дней в году, в то время как пасмурных – 250. Интенсивность солнечного излучения составляет порядка 2,8 кВт·ч/м². Примерно такая же ситуация в Германии, Японии и некоторых других странах. Это дает право сторонникам возобновляемой энергии утверждать о возможности и необходимости развивать солнечную энергетику в Беларуси. Надо сказать, что наше государство значительно продвинулось в этом направлении за последние годы, а вместе с этим возникли первые трудности. Что же касается солнечной энергетики, то согласно Закона «О возобновляемых источниках энергии Республики Беларусь» на покупку электрической энергии, выработанной фотоэлектростанциями, действует повышающий коэффициент, равный 3. Т.е. энергосистема обязана покупать у владельцев солнечных электростанций всю выработанную электроэнергию с данным повышающим коэффициентом в течение 10 лет. Согласно таблицам солнечной инсоляции строительство солнечных электростанций целесообразно преимущественно на юге страны, что, в общем-то, вполне естественно. С уже действующими объектами можно ознакомиться на сайте Министерства природных ресурсов Республики Беларусь.

Солнце – неисчерпаемый источник энергии. Почти все источники энергии, так или иначе, используют энергию Солнца. Уголь, нефть, природный газ – не что иное, как в какой-то мере «законсервированная» солнечная энергия, заключенная в этом топливе. Под действием солнечного тепла и света на Земле растут растения, которые накапливают в себе энергию, а потом в результате длительных процессов под действием химико-термических процессов, происходящих внутри Земли, образуются углеводородные соединения, после чего они соединяются с остатками растений и превращаются в топливо. Солнце каждый год дает человечеству миллиарды тонн зерна и древесины. Энергия рек и горных водоскатов также происходит от Солнца, которое поддерживает круговорот воды на Земле.

Солнце – ближайшая, расположенная к Земле звезда, центр Солнечной системы, состоящей приблизительно из 100 млрд. звезд. Расстояние от Солнца до Земли составляет примерно 149,5млн. км. Наименьшее расстояние 147,1 млн. км. – в январе, наибольшее – 152,1 млн. км. – в июле. Солнце имеет форму шара с диаметром, равным примерно 1392000 км. Это расстояние в 109 раз больше диаметра Земли, или в 3,6 раза более расстояния от Луны до Земли.

Солнце представляет собой раскаленную смесь газов, состав которой содержит 82% водорода, 17% гелия, остальные элементы составляет 1%. Возможно на Солнце имеются и другие химические элементы в тех же пропорциях, что во Вселенной и на Земле. Внутри Солнца существует область высокого давления, где температура достигает 15–20 млн. градусов. Светящаяся поверхность называется фотосферой, температура которой достигает 6000°С. Вокруг нее образуется тонкая газообразная масса – хромосфера, которая, в свою очередь, окружена ещё более тонким слоем газообразной массы, называемой короной. В процессе образования энергии Солнце теряет в своей массе 43 кг в секунду.

Солнечные лучи, которые достигают поверхности Земли, подразделяют на два вида: прямые и рассеянные.

Прямые лучи – это лучи, которые непосредственно с поверхности Солнца достигают поверхности Земли. Мощность прямого солнечного излучения зависит от чистоты (ясности) атмосферы, высоты Солнца над линией горизонта (зависит от географической широты и времени дня), а также от положения поверхности Земли по отношению к Солнцу. Рассеянные солнечные лучи поступают из поверхностных слоев атмосферы и зависят от того, каким образом прямые солнечные лучи отражаются от Земли и окружающей среды. Вследствие

повторяющегося процесса отражения между покрытой снегом поверхностью Земли и нижней стороной облаков мощность рассеянного солнечного излучения может достигать больших значений. Вся энергия, излучаемая Солнцем, больше той её части, которую получает Земля, в 5 000 000 000 раз. Но даже такая «ничтожная» величина в 1600 раз больше энергии, которую дают все источники вместе взятые. За три дня Солнце посылает на Землю столько энергии, сколько ее содержится во всех разведанных запасах ископаемых топлив, а за 1 секунду – 170 млрд. Дж. Большую часть этой энергии рассеивает или поглощает атмосфера, особенно, облака и только треть её достигает земной поверхности. Плотность солнечных лучей в космосе составляет примерно $1,4 \text{ кВт/м}^2$, из которых, как уже упоминалось ранее, 30% отражается обратно в космос. Таким образом, на поверхности Земли плотность солнечных лучей составляет около 1 кВт/м^2 . Солнечная энергия, достигая поверхности Земли, несёт с собой тепло, испаряет воду, образует ветер и движение воды в морях, дает жизнь растениям.

Солнечная энергия, которая непосредственно не поглощается на Земле, отражается в космос. Земля находится в постоянном тепловом балансе с окружающей ее средой. Если бы этого не происходило, то Земля нагревалась бы так, что вся жизнь на ней прекратилась бы.

Солнечное излучение практически эквивалентно излучению так называемого черного тела, нагретого до температуры 5800°K . Плотность потока излучения, достигающего верхней границы атмосферы, отличается от солнечной постоянной (1353 Вт/м^2) вследствие фильтрации потока солнечной энергии [1].

Классификацию солнечных батарей приведем на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация солнечных батарей

Солнечные батареи на основе кремния

Батареи, основой которым служит кремний, на сегодняшний день являются самыми популярными. Объясняется это широким распространением кремния в земной коре, его относительной дешевизной и высоким показателем производительности в сравнении с другими видами солнечных батарей. Как видно из рисунка 1 кремниевые батареи производят из моно- и поликристаллов Si и аморфного кремния.

Монокристаллические солнечные батареи представляют собой силиконовые ячейки, объединенные между собой. Для их изготовления используют максимально чистый кремний, получаемый по методу Чохральского. После затвердевания готовый монокристалл разрезают на тонкие пластины толщиной 250–300 мкм, которые пронизывают сеткой из металлических электродов. Используемая технология является сравнительно дорогостоящей, поэтому и стоят монокристаллические батареи дороже, чем поликристаллические или аморфные. Выбирают данный вид солнечных батарей за высокий показатель КПД (порядка 17–22%).

Для получения поликристаллов кремниевый расплав подвергается медленному охлаждению. Такая технология требует меньших энергозатрат, следовательно, и

себестоимость кремния, полученного с ее помощью меньше. Единственный минус: поликристаллические солнечные батареи имеют более низкий КПД (12–18%), чем их моно «конкурент». Причина заключается в том, что внутри поликристалла образуются области с зернистыми границами, которые и приводят к уменьшению эффективности элементов.

В таблице 1 приведены основные различия между моно- и поли-солнечными элементами.

Таблица 1 – Сравнительные показатели моно- и поли-солнечных элементов

Показатель	Моно-элементы	Поли-элементы
Кристаллическая структура	Зерна кристалла параллельны Кристаллы ориентированы в одну сторону	Зерна кристалла не параллельны Кристаллы ориентированы в разные стороны
Температура производства	1400 °С	800–1000 °С
Цвет	Черный	Темно-синий
Стабильность	Высокая	Высокая, но меньше, чем у моно
Цена	Высокая	Высокая, но меньше, чем у моно
Период окупаемости	2 года	2–3 года

Батареи из аморфного кремния

Если проводить деление в зависимости от используемого материала, то аморфные батареи относятся к кремниевым, а если в зависимости от технологии производства – к пленочным. В случае изготовления аморфных панелей, используется не кристаллический кремний, а силан или кремневодород, который тонким слоем наносится на материал подложки. КПД таких батарей составляет всего 5–6%, у них очень низкий показатель эффективности, но, несмотря на эти недостатки, они имеют и ряд достоинств:

- показатель оптического поглощения в 20 раз выше, чем у поли- и монокристаллов;
- толщина элементов меньше 1 мкм;
- в сравнении с поли- и монокристаллами имеет более высокую производительность при пасмурной погоде;
- повышенная гибкость.

Помимо описанных выше видов кремниевых солнечных батарей, существуют и их гибриды. Так для большей стабильности элементов используют двухфазный материал, представляющий собой аморфный кремний с включениями нано- или микрокристаллов. По свойствам полученный материал сходен с поликристаллическим кремнием.

Разработка пленочных батарей обусловлена:

- потребностями в снижении стоимости солнечных батарей;
- необходимостью в улучшении производительности и технических характеристик.

Батареи на основе CdTe

Исследования теллурида кадмия, как светопоглощающего материала для солнечных батарей начались еще в 70-х годах. В то время его рассматривали как один из оптимальных вариантов для использования в космосе, сегодня же батареи на основе CdTe являются одними из самых перспективных в солнечной энергетике. Так как кадмий является кумулятивным ядом, то дискуссии возникают лишь по вопросу токсичен он или нет. Но исследования показывают, что уровень кадмия, высвобождаемого в атмосферу, ничтожно мал, и опасаться

его вреда не стоит. Значение КПД сравнительно невелико и составляет порядка 11%. Но стоимость ватта мощности таких батарей на 20–30% меньше, чем у кремниевых.

Батареи на основе селенида меди-индия

Как понятно из названия, в качестве полупроводников используются медь, индий и селен, иногда некоторые элементы индия замещают галлием. Такая практика объясняется тем, что большая часть производящегося на сегодня индия требуется для производства плоских мониторов. Именно поэтому с целью экономии индий замещают на галлий, который обладает схожими свойствами. Пленочные солнечные батареи на основе селенида меди-индия имеют КПД равный 15–20%. Следует иметь в виду, что без использования галлия эффективность солнечных батарей возрастает примерно на 14%.

Батареи на основе полимеров

Разработка данного вида батарей началась сравнительно недавно (рисунок 2).

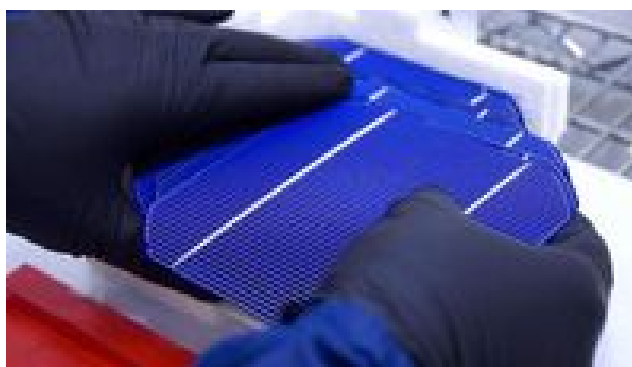


Рисунок 2 – Солнечные батареи на основе полимеров

В качестве светопоглощающих материалов используются органические полупроводники, такие как полифенилен, углеродные фуллерены, фталоцианин меди и другие. Толщина пленок составляет 100 нм. Полимерные солнечные батареи имеют на сегодняшний день КПД всего 5–6%. Но их главными достоинствами считаются:

- низкая стоимость производства;
- легкость и доступность;
- отсутствие вредного воздействия на окружающую среду.

Применяются полимерные батареи в областях, где наибольшее значение имеет механическая эластичность и экологичность утилизации.

В таблице 2 приведены обобщенные данные о КПД разных видов солнечных батарей [2].

Таблица 2 – обобщенные данные о КПД разных видов солнечных батарей

Вид солнечных элементов, выпускаемых в производственных масштабах	КПД, %
Моно	17–22%
Поли	12–18%
Аморфные	5–6%
На основе теллурида кадмия	10–12%
На основе селенида меди-индия	15–20%
На основе полимеров	5–6%

В таблице 3 приведены данные по солнечным источникам энергии, подключенных к электросетям энергоснабжающих организаций ГПО «Белэнерго», за период с 2015 по 2016 гг.

Таблица 3 – данные по солнечным источникам энергии, подключенных к электросетям энергоснабжающих организаций ГПО «Белэнерго», за период с 2015 по 2016 гг. [3]

ВИЭ, подключенные к электросетям энергоснабжающих организаций ГПО «Белэнерго»	Установленная мощность, МВт		ИЗМЕНЕНИЕ (рост, падение)	
	по итогам года		МВт	%
	2015	2016		
Всего	92,4	151,3	58,9	163,72%
солнце	13,0	50,9	37,9	391,59%
ВИЭ, подключенные к электросетям энергоснабжающих организаций ГПО «Белэнерго»	Выработка электроэнергии, всего, млн кВтч		ИЗМЕНЕНИЕ (рост, падение)	
	по итогам года		млн кВтч	%
	2015	2016		
Всего	181,9	234,0	52,1	128,66%
солнце	11,4	30,2	18,8	264,36%
ВИЭ, подключенные к электросетям энергоснабжающих организаций ГПО «Белэнерго»	Поставка электроэнергии в сеть РУП-облэнерго, млн кВтч		ИЗМЕНЕНИЕ (рост, падение)	
	по итогам года		млн кВтч	%
	2015	2016		
Всего	173,1	225,7	52,6	130,37%
солнце	11,3	30,1	18,7	265,03%

Из таблицы 3 видно, что установленная мощность солнечных источников энергии, подключенных к электросетям энергоснабжающих организаций ГПО «Белэнерго», в 2016 году по сравнению с 2015 годом увеличилась на 291,59%, вследствие чего выработка ими электроэнергии и поставка электроэнергии в сеть РУП-облэнерго выросли соответственно на 164,36% и 165,03% за тот же период. Это свидетельствует об очень высоком ежегодном увеличении в республике темпа строительства и ввода в эксплуатацию солнечных источников энергии.

Крупнейшая в Беларуси солнечная электростанция заработала под Мяделем.

Объект расположен рядом с озером Нарочь: на участке 15 га оборудовано более 22 000 солнечных модулей. Мощность станции – 5,7 МВт. Она может производить 6,27 млн кВт·ч электроэнергии ежегодно. Этого достаточно, чтобы на этот период обеспечить электроэнергией около 3000 домохозяйств. По экспертным оценкам срок окупаемости установки составит 6 лет.

Подводя итоги можно сказать, в Республике Беларусь есть определенные условия для развития солнечной энергетики. Потенциал солнечной энергетики на большей части территории Беларуси выше, чем в европейских странах. А главный аргумент, это – наличие высококвалифицированных кадров и опыт международного научного сотрудничества в конкретных областях разработок. Можно надеяться, что энергетика Беларуси в перспективе выйдет на новый уровень развития.

Литература

1. Быстрицкий, Г.Ф. Основы энергетики: Учебник / Г.Ф. Быстрицкий. – М.: ИНФРА – М, 2005. – 278 с.
2. Бокун И.А. Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии / И.А. Бокун, А.М. Темичев. – Мн.: «ВУЗ-ЮНИТИ», 2004. – 190с.
3. Возобновляемая энергетика // ГПО «Белэнерго» [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.energo.by/ve/p10.htm>. – Дата доступа: 19.10.2017.