

УДК 621.91

## ПРОБЛЕМЫ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ

Королев М. А., студент гр. ГО-191, III курс  
Научный руководитель: Мартынов В.Л., к.т.н., доцент ГИ  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева

Интенсивность солнечного излучения зависит от географической широты, угла наклона поверхности земли по отношению к Солнцу, местного климата, облачности и запыленности воздуха, высоты над уровнем моря, сезона года и времени суток. Летом в средних широтах днем интенсивность солнечного излучения достигает  $800 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , а зимой падает до  $150 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , уменьшаясь до нуля с заходом Солнца.

Гелиоэнергетика сегодня вносит малый вклад в общемировой объем вырабатываемой энергии, всего лишь 0,35% [1].

Технологии использования солнечной энергии развиваются в настоящее время главным образом по двум направлениям преобразования в тепло и преобразования в электричество лучистой энергии Солнца.

Преобразования солнечной энергии в тепло или электричество осуществляются с различных помощью фотоэлементов. Это, например, тепловые поршневые или турбинные машины, использующих водяной пар, углекислый газ и т. д. Имеется преобразования энергии солнца с помощью солнечных концентраторов (зеркал), гелиотермальной энергетики путем нагревания поверхности, поглощающей солнечные лучи, и последующего распределения и использования тепла (фокусирование солнечного излучения на сосуде с водой для последующего использования нагретой воды в отоплении или в паровых электрогенераторах), термовоздушных электростанций, преобразующих солнечную энергию в энергию воздушного потока, направляемого на турбогенератор, а также солнечных аэростатных электростанций, использующих генерации водяного пара внутри баллона аэростата за счет нагрева солнечным излучением поверхности аэростата с поглощающим покрытием. Коэффициент полезного действия всех этих установок колеблется в пределах 10 -15%.

Суммарная мощность лучистой энергии, поступающей к земной атмосфере от Солнца, равна примерно 180000 млрд. кВт. Количество солнечной лучистой энергии, приходящей за год к атмосфере Земли, составляет колоссальную величину порядка  $1,5 \cdot 10^{18} \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ . Из-за отражения, рассеивания и поглощения ее атмосферными газами, пылевыми частицами и аэрозолями поверхности Земли достигает только 47 % всей энергии, или приблизительно  $7 \cdot 10^{17} \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ , [2, 3]. Для количественной оценки солнечной радиации используют такой показатель, как количество энергии,

переносимой в единицу времени или поток энергии через единичную площадку, называемый интенсивностью излучения ( $I_e$ ). Единицей измерения  $I_e$  в системе СИ является ватт на квадратный метр ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ).

Солнечные тепловые электростанции используются для производства как тепловой, так и электрической энергии. По способу производства тепла эти электростанции подразделяются на пруды и различные концентраторы энергии Солнца [4].

В солнечных прудах в нижние и вышележащие слои водоема вводится неодинаковое количество солей. Нижние слои формируются с раствором высокой концентрации и плотности солей. Под действием солнечной радиации эти слои водоема нагреваются более интенсивно. В результате в нем возникает температурный градиент. Горячая вода с температурой в 60-90° С из нижних слоев подается на поверхность в теплообменник и используется для испарения жидкости с низкой температурой кипения (фреон, пропан, аммиак), а пары которой приводят во вращение турбину, передающую вращение электрогенератору для выработки электрического тока.

Более перспективным направлением развития солнечных электростанций считается применение солнечных концентраторов [5, 6].

Прямое преобразование солнечной энергии в электроэнергию с помощью фотоэлектрических преобразователей является в настоящее время наиболее динамично развивающимся направлением получения возобновляемой энергетики. Преобразование энергии в них основано на фотоэлектрическом эффекте, который возникает в неоднородных полупроводниковых структурах при воздействии на них солнечного излучения. Неоднородность структуры преобразователей получают путем легированием одного и того же полупроводника различными примесями (создание p-n переходов). Путем соединения различных полупроводников, с неодинаковой шириной запрещенной зоны или энергии отрыва электрона из атома (создание гетеропереходов), или же за счет изменения химического состава полупроводника, приводящего к появлению градиента ширины запрещенной зоны (создание варизонных структур). Используются также различные комбинации перечисленных способов [3, 7].

Проблемы солнечной энергетики состоят в следующем. Небольшая величина солнечной постоянной требует для солнечной энергетики использование больших площадей земли под электростанции. Например, электростанция постоянного тока мощностью в 1 ГВт занимает площадь в несколько десятков квадратных километров.

Поток солнечной энергии на поверхности Земли существенно зависит от широты и климата, количество солнечных дней в году может различаться очень сильно, а кроме того, поток солнечной энергии существенно меняется в зависимости от времени суток.

Солнечная электростанция не работает ночью и недостаточно эффективно производит электричество в утренних и вечерних сумерках.

Кроме того, мощность электростанции резко и неожиданно колеблется из-за смены погоды. Колебания производства электроэнергии постоянного тока требует ее аккумулирования для компенсации колебаний ее производства. В сети же общего пользования требуется преобразование накопленной энергии постоянного тока в переменный ток со стабильными характеристиками силы тока и напряжения сети. Кроме того, солнечные фотоэлементы стоят дорого, а коэффициент полезного действия современных солнечных элементов все еще низок и не достигает 12% [8, 9].

Эффективность фотоэлектрических элементов падает при их нагреве, поэтому возникает необходимость в установке систем охлаждения. Причем с течением времени эксплуатации эффективность фотоэлектрических элементов начинает снижаться и срок их службы не превышает сегодня 25 лет. Кроме всего сказанного, поверхность фотопанелей требуется регулярно очищать и отмывать от пыли и других загрязнений, что затруднительно при занимаемой ими площади в несколько квадратных километров (рис. 1).



Рис. 1. Машинная мойка

Фотоэлементы содержат ядовитые вещества, например такие, как свинец, кадмий, галлий, мышьяк и т. д., а их производство потребляет огромное количество других опасных веществ, которые также требуется производить. Современные фотоэлементы имеют ограниченный срок службы, поэтому массовое применение их в ближайшее время поставит вопрос утилизации отработавших фотоэлементов, который не имеет пока приемлемого решения. Из-за экологических проблем и возникшего дефицита кремния в настоящее время развивается производство тонкопленочных фотоэлементов, в составе которых содержится всего около 1 % кремния.

Для обеспечения значительного количества электрической энергии солнечные электростанции требуют больших площадей земли, которые также являются естественными местами обитания, которые поддерживают дикую природу. При последующем развитии солнечной энергетики неизбежно увеличение площади затенения земель, что приведет к изменению почвенных условий в данной местности и к изменению всей экосистемы региона. Солнечные станции вызывает нагрев воздуха вследствие прохождения излучения через панели. Это ведет к изменению

температурного режима, влажности, а итакже к изменению местных направления ветров. Существует также вероятность перегрева и самовозгорания системы. При длительной эксплуатации и очистки солнечных модулей жидкостью возрастает вероятность загрязнения источников воды (рис.2) [9].



Рис. 2. Плавление и результаты пожара солнечных батарей

Солнечные электростанции приводят к росту числа гибели птиц (6 – 10 тыс. особей на промышленную станцию) и в большом количестве насекомых, крылья которых расплавляются или сжигаются теплом, исходящим от панелей солнечной фермы (рис. 3).



Рис. 3. Гибель птиц

Влияние, которое солнечные электростанции оказывают на отдельные виды, затрагивает и все взаимосвязанные экосистемы. Когда солнечные электростанции наносят вред или устраниют виды в определенной среде обитания, они также устраниют жизненно важные экосистемные факторы, которые они обеспечивают для всей среды обитания. Среда обитания становится менее пригодной для растений и дикой природы, адаптированных к ее конкретным условиям.

Развитие возобновляемых источников энергии и сокращение выбросов парниковых газов являются важными целями для защитников окружающей

среды, но при этом необходимо соблюдать принцип сохранения среды обитания и видового разнообразия регионов планеты.

Земля включает ряд сложных систем, с различными путями для какого-либо загрязнения или деградации. Используемые материалы и методы установки солнечных панелей могут сформировать углеродный след для самого производства «чистой» электроэнергии. Ответственность за охрану окружающей среды является показателем эффективности производителей фотоэлементов и производителей электроэнергии, получаемой с их помощью. Получение «чистой» энергии солнечных панелей влечет за собой воздействие на окружающую среду в течение всего их жизненного цикла. Производство фотоэлектрических модулей, используемых для преобразования солнечного света в электричество требуют значительных затрат энергии на обработку сырья горнодобывающей промышленности и промышленности производства обрабатывающих материалов. Кроме того, требуется защита от воздействий отработанных ядовитых материалов при утилизации фотоэлектрических модулей в конце срока их службы, например, таких как свинец, кадмий, галлий, мышьяк и т. д.

Вредные воздействия на окружающую среду могут стать более заметными по мере развертывания большего количества фотоэлектрических систем.

Международное энергетическое агентство прогнозирует, что глобальная фотоэлектрическая мощность может вырасти к 2040 году и превысить 4000 гигаватт при существующей энергетической политике ряда стран [1, 3]. Поэтому воздействие на окружающую среду фотоэлектрических модулей станет существенной проблемой в масштабах отрасли производства «чистой» электроэнергии. Кроме того, производство одной солнечной электростанции мощностью 1 кВт. потребляет приблизительно 3,9 тыс. кВт. / час. электроэнергии произведенной по известным технологиям, которые сегодня в некоторых странах не считаются «чистыми». Основой фотоэлектрического элемента является кремний, процесс производства которого заканчивается образованием побочных ядовитых веществ, вредных как для человека, так и для окружающей среды. Вопрос рентабельности переработки солнечных модулей при больших объемах отходов (более 20 тыс. тонн в год) встает остро.

Небольшая солнечная электростанция, например, примерно в 30 кВт окупиться только через 5-6 лет, но при собственном потреблении производимой ей электроэнергии срок окупаемости увеличивается вплоть до срока окончания службы фотоэлементов.

Проектная и разрешительная документация на строительство крупных солнечных электростанций включает требования по демонтажу объектов после окончания срока их службы и восстановлению геоморфологических и биологических параметров земельных участков до первоначального состояния. Для того чтобы чистые затраты на вывод из эксплуатации окупались, стоимость извлеченных материалов и стоимость освободившейся

и восстановленной земли должны превышать затраты на вывод электростанций из эксплуатации. Демонтаж фотоэлектрической электростанции представляется достаточно простым, поскольку при их строительстве отсутствуют крупные капитальные сооружения с серьезными фундаментами. Кроме того, на таких объектах используются в значительном количестве сталь, медь и алюминий, а ценность этих вторичных материалов может превышать расходы на вывод станции из эксплуатации. Чистый доход в результате работ по выводу объекта из эксплуатации может составлять 0,01-0,02 US\$ /Ватт без учета стоимости рекультивированной земли. Таким образом, при надлежащей организации переработка отходов солнечных электростанций может быть выгодной даже без дополнительных мер ее стимулирования [1, 3].

Срок службы современных конструкций солнечных электростанций оценивается сегодня в 25 и максимум в 30 лет. Металлические рамы и стойки, а также с защитные стекла фотопанелей составляют до 85% отходов. Остальные отходы это сами батареи, металлическая фольга, распределительные щиты, контактные коробки, соединительные провода, печатные платы, свинцовый припой, система трубопроводов охлаждения. В состав солнечных тонкопленочных панелей входят ядовитые соединения, например такие, как теллурид кадмия или диселенид меди и индия. Обычные фотоэлементы содержат такие ядовитые вещества, как кадмий, мышьяк, свинец, галлий и другие. Использованные, отработавшие своё солнечные модули относятся к категории электронного мусора. Годовой мировой объём электронного мусора в 2015 составил 43,8 миллиона тонн, в 2019 году он превысил уже 50 млн. тонн. Солнечная энергетика с помощью фотоэлектрических панелей сегодня быстро развивается, а глобальная установленная мощность ее растёт экспоненциально. Поэтому через 15-20 лет проблема утилизации солнечных панелей встанет остро, как прогнозируется, и к 2040 году в мире может образоваться примерно 10 млн. тонн отходов солнечных панелей. Хотя прогнозируемый объем отходов солнечной энергетики предполагается значительным, но он всё-таки будет составлять лишь незначительную процентную долю (не более 15%) всех электронных отходов [8, 9].

Технологические процессы по утилизации делятся на два вида: первый это грубая переработка, которая подразумевает изъятие стекла, стали, меди, алюминия из модуля; второй тонкая переработка или извлечение всех химических элементов, которые были использованы при производстве фотопанели.

Европейский союз ввёл правила утилизации отходов солнечных электростанций. Согласно им модули должны утилизироваться в соответствии с Директивой об отходах электрического и электронного оборудования (WEEE) (2012/19/EU). С 2012 года положения Директивы были включены в национальное законодательство странами-членами ЕС, по которому переработка солнечных панелей обязательна. В Соединенных

Штатах утилизация панелей регулируется Законом о сохранении и восстановлении ресурсов, который является правовой основой для управления опасными и неопасными отходами. В 2016 году Ассоциация солнечной энергетики США (SEIA) в партнёрстве с производителями солнечных панелей и монтажными организациями запустила национальную программу добровольной утилизации панелей, которая направлена на то, чтобы сделать эффективные решения по переработке доступными для потребителей.

В заключение можно отметить известные достоинства гелиоэнергетики, основные из которых состоят в следующем:

- «неиссякаемый» источник энергии;
- возможность обеспечения независимого энергоснабжения;
- низкий, по сравнению с тепловыми (примерно в 2 раза) и сопоставимый с атомными урон окружающей среды;
- бесшумность при работе;
- устойчивость к разного рода механическим повреждениям.

Несмотря на некоторую экологичность гелиоэнергетики, использование имеет и ряд недостатков:

- дороговизна производства фотоэлементов и их батарей;
- низкий коэффициент полезного действия батарей;
- сложная процедура монтажа всей системы, например, для получения максимально возможной эффективности системы необходимо учитывать азимут данной местности и ряд других требований;
- сезонное производство количества энергии и снижение ее производства в пасмурные дни или в ночное время суток;
- потребность в больших площадях для размещения панелей и затемнение земель, что ведет к изменению климатических, почвенных условий в данной местности и к изменению целой экосистемы региона.

### Литература:

1. Источник: <https://naukatehnika.com/naskolko-bezopasnaya-zelenaya-energetika-solnechnyh-panelej.htmlnaukatehnika.com>.
2. А. да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы. – М: Интелект, МЭИ, 2010.- 704 с.
3. Источник: <http://zeleneet.com/okazyvayut-li-vliyanie-na-pogodu-vetryanye-elektrostancii/33581/>
4. Минат В. И. Причины экологических бедствий./ В. И. Минат, Н. В. Коломеец/ — М.: Реноме, 2010. — 220 с.
5. Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 144 с.
6. Панич Н. В. Экологические проблемы современности./ Н. В. Панич, Т. А. Тюкина/ — М.: МГИМО-Университет, 2012. — 102 с.

7. Смил В. Энергетика. Миры и реальность. Научный подход к анализу мировой энергетической политики. — М.: АСТ-Пресс Книга, 2012. — 272 с.

8. Картамышева, Н. С. Экологические последствия развития солнечной энергетики / Н. С. Картамышева, Е. С. Картамышева, И. А. Вахрушин, Ю. В. Треккова/: Материалы III Междунар. науч. конф. Технические науки: проблемы и перспективы. — Санкт-Петербург : Свое издательство, 2015. — С. 59-62.