

Солнечная тепловая энергетика и наночастицы в коллекторах прямого облучения



**Виктор
Пустовалов,**
заведующий кафедрой
инновационного
менеджмента БНТУ,
доктор физико-
математических наук,
профессор

Солнечная энергетика основывается на преобразовании электромагнитного солнечного излучения в тепло или электроэнергию и их использовании. Возобновляемая энергия черпается из солнечного излучения, водных потоков, ветра, приливов и геотермальной теплоты [1–11]. В работах [2–7] представлены современные результаты состояния и развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), возможности их реального использования, количественные данные. В работах [8–10] на высоком научно-техническом уровне рассмотрены состояния развития солнечной электроэнергетики, показаны ее достижения, используемые инженерные технологии и перспективы развития. В учебно-справочном руководстве [11] представлены современные основы солнечной теплоэнергетики, технологические системы и методики использования Солнца для нагрева различных сред, материалов и жидкостей.

Солнечная тепловая энергетика – это нагревание рабочего тела, расположенного в объеме или у поверхности, поглощающего энергию солнечного излучения, а также последующее распределение и использование тепла. Солнечный нагрев воды и ее применение для отопления, горячего водоснабжения или превращение в пар и использование его кинетической энергии для вращения ротора электрогенератора весьма перспективны.

Конверсия в тепловую энергию обеспечивается солнечными термическими коллекторами. Их различают по назначению, характеру преобразовательного процесса и другим признакам или их сочетанию.

Солнечные коллекторы (гелиоустановки) бывают с концентраторами и без них. Первые служат для преобразования энергии после повышения ее плотности с помощью гелиоконцентраторов. В этих установках энергия Солнца с помощью системы линз и зеркал фокусируется в луч света, используемый для нагрева рабочей жидкости. Для концентрации лучей чаще применяют параболические и другие отражатели. Коллекторы без концентраторов поглощают солнечное излучение с обычной интенсивностью.

Тепловая гелиоустановка включает в себя приемник (коллектор), в котором происходит поглощение и преобразование излучения в тепловую энергию, передающее устройство с теплоносителем, теплоаккумулятор и другие элементы [11]. Коллекторы бывают различных типов и конструкций (рис. 1). Плоские (рис. 1А) предпочтительны при нагреве не выше 80–90 °С, их эффективность зависит от светопропускающих и теплоизолирующих, а также поглощающих свойств покрытия нагреваемого тела. Для обеспечения более надежного теплоснабжения гелиоустановка с ним должна оборудоваться тепловым аккумулятором. Трубчатые коллекторы (рис. 1Б) используют, когда требуется получить нагрев до 100–120 °С.

Рассмотрим достоинства и недостатки солнечной тепловой энергетике [11]. К плюсам можно отнести:

- доступность и неисчерпаемость источника энергии (Солнца) в условиях роста цен на традиционные виды топлива, несмотря на временное уменьшение их стоимости;
- практически полная безопасность для окружающей среды;

- широкое применение в случаях малодоступности других источников энергии.

Минусами являются:

- существенная зависимость от погоды и времени суток. Солнечная электростанция не работает ночью и недостаточно эффективна в утренних и вечерних сумерках, мощность станции может резко и неожиданно колебаться из-за смены погоды. Как следствие, возникает необходимость в эффективной аккумуляции тепловой энергии;
- сезонность и невысокая рентабельность в средних и высоких широтах и несовпадение периодов выработки и потребности в тепловой энергии. Поток солнечной энергии на поверхности Земли сильно зависит от широты и климата;
- для солнечной энергетики требуются большие площади под станции при ее использовании в промышленных масштабах из-за относительно небольшой величины солнечной постоянной. Однако этот недостаток не так велик (например, под гидроэнергетику выводятся заметно большие участки земли).

Гелиоустановки без концентраторов используют для подогрева воды или воздуха, сушки фруктов, овощей и материалов, опреснения воды. Очень перспективны тепловые гелиоустановки для объектов агропромышленного комплекса. Одна из них небольшой мощностью и площадью коллектора до 10 м² способна обеспечивать горячей водой отдельно стоящий сельский дом с семьей из 4–5 человек с апреля по октябрь. В отопительный период применение таких установок и объемных коллекторов позволит существенно снизить затраты топлива для отопления здания.

Интересно сопоставить вклад различных типов ВИЭ в течение последних лет в суммарные установленные глобальные показатели, рост ежегодных инвестиций в возобновляемую энергию во всем мире, увеличение количества стран, имеющих цели развития этой сферы (табл. 1).

Обращает на себя внимание непрерывное возрастание ежегодных инвестиций в возобновляемую энергию, которые в 2015 г. достигли 286 млрд долл., увеличившись более чем в 2 раза с 2008 г.

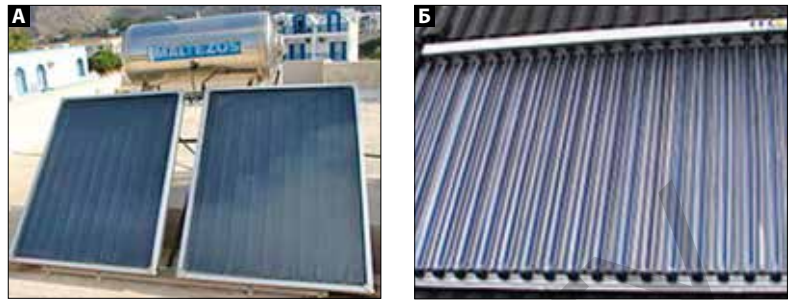


Рис. 1. Солнечные коллекторы различных типов: **А** – плоский коллектор, **Б** – вакуумный трубчатый коллектор

Отметим также, что мощность гидроэлектростанций за этот период возросла всего на 15%.

Необходимо отметить, что в общей мощности возобновляемой энергии нагрев воды теплом в 2015 г. составил около 24%. Солнечная тепловая энергетика превосходит по мощности ветровую и фотовольтаику и только в 2,5 раза уступает мировому производству гидроэлектроэнергии. При этом история последней насчитывает более 100 лет, а солнечной – интенсивно развивается в течение последнего десятилетия.

Прогнозируется, что к 2050 г. солнечная энергия будет обеспечивать до 20% всех энергетических процессов, реализующих относительно низкий температурный интервал меньше 120 °С для индустрии. К этому же времени солнечная генерация горячей воды и нагрева помещений достигнет 14% от мирового потребления.

Солнечная тепловая технология интенсивно используется в мире для производства горячей воды, нагрева и охлаждения объемов жидкости или газа и для обеспечения высоких температур для промышленного производства. Значительное увеличение рынка солнечных тепловых нагревателей и коллекторов было отмечено в Дании (до 55% по сравнению с 2014 г.), Турции (10%), Израиле (9%), Мексике (8%) и Польше (7%). Среди ведущих 18 стран вакуумные трубчатые коллекторы составили 76% новых устройств, плоские – до 20% и около 4% – другие тепловые устройства. Это привело к возрастанию глобальной солнечной тепловой энергетики до 435 ГВт (с общей площадью

Глобальные показатели возобновляемой энергии	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Ежегодные инвестиции в возобновляемую энергию (10 ⁹ долл.)	130	160	211	257	244	232	270	286
Суммарные установленные мощности возобновляемой электроэнергии (ГВт)	1140	1230	1320	1360	1470	1578	1712	1849
Гидроэлектроэнергия (ГВт)	885	915	945	970	990	1018	1055	1064
Ветроэнергетика (ГВт)	121	159	198	238	283	319	370	433
Фотоэлектричество (ГВт)	16	23	40	70	100	138	177	227
Нагрев воды тепловой энергией Солнца (ГВт)	130	160	185	232	255	373	406	435
Количество стран, имеющих цели развития возобновляемой энергии	79	89	98	118	138	144	164	173

Таблица 1. Глобальные показатели возобновляемой, в том числе солнечной, тепловой энергии [1]

Таблица 2.
Общая тепловая
мощность
солнечных
термических
коллекторов
в некоторых
странах [1]

Страна	Китай	США	Германия	Турция	Польша	Швейцария	Дания	Австрия	Республика Беларусь
Общая тепловая мощность, ГВт	319,5	17,7	13,4	14,2	1,39	1,1	0,89	3,7	0,004
Население, млн чел.	1500	325	82	79,4	38	8	5,6	8,5	9,4

поверхности коллекторов 622 млн м²) по сравнению с 409 ГВт годом ранее. Следует отметить использование тепловых солнечных нагревателей для нагрева воды в многоквартирных домах в общественном секторе и для целей туризма, а также резкий рост применения данных приборов в Дании и Польше по сравнению с существенно более жаркими странами – Турцией, Израилем, Мексикой. К 2015 г. в Дании было 79 производств солнечной тепловой энергии мощностью 577 МВт. В 2015 г. страна ввела 17 новых на 187 МВт и в многоквартирных домах в течение года были введены в строй нагреватели на 7 МВт. Данная ситуация в Дании уникальна в сравнении с окружающими ее странами.

В конце 2015 г. общая мощность действующей китайской солнечной тепловой энергетики составила 319,4 ГВт, то есть около 70% от мировой. В том же году в КНР продолжали быть популярными вакуумные трубы и плоские тепловые коллекторы. Увеличение количества солнечных тепловых нагревателей в Турции достигло 10% при увеличении мощности 1,47 ГВт (и площади поверхности коллекторов на 2,1 млн м²).

Беларусь относится к странам, не обладающим значительными собственными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР) – нефтью и газом, добываемыми в небольших количествах, дровами, торфом, гидроресурсами и биомассой. Обеспеченность республики собственными энергоресурсами находится на уровне 15–17% потребности. Таким образом, доля возобновляемых источников энергии составляет до 80% в структуре собственных ТЭР.

Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27.12.2010 г. №204-З и Указ Президента от 18.05.2015 г. №209 «Об использовании возобновляемых источников энергии» направлены на совершенствование единой государственной политики в этой сфере.

Стратегия развития энергетического потенциала страны до 2020 г., утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 09.08.2010 г. №1180, предусматривает к означенному периоду довести долю возобновляемых источников энергии в структуре валового потребления топливно-энергетических ресурсов до 6%.

Принято постановление Совета Министров от 23.12.2015 г. №1084 «Об утверждении Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь». Ее главная задача – определить пути выхода страны из «критической зоны», в которой она находится по всем индикаторам энергобезопасности. Причина такого положения – полная зависимость отечественной энергосистемы от поставляемого из России природного газа. В данном документе значительное внимание уделено возобновляемым источникам энергии. К ним в Беларуси отнесены солнечная, ветряная и гидроэнергия, а также биогаз.

Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 гг., утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.03.2016 г. №248, направлена на сдерживание роста валового потребления топливно-энергетических ресурсов, увеличение использования местных ТЭР, в том числе ВИЭ с энергоэффективными, в том числе инновационными, технологиями. Она предусматривает применение нетрадиционных источников энергии в нарастающих масштабах. С учетом природных условий республики предпочтение отдается малым гидроэлектростанциям, ветро- и биоэнергетическим установкам, установкам для сжигания отходов растениеводства и бытовых отходов, гелиоводонагревателям. В Государственной программе потенциал экономии традиционных (ископаемых) ТЭР за счет использования альтернативных источников энергии к 2020 г. оценивается примерно в 5 млн т у.т. (более 15% от всех ТЭР). В отличие от многих других мероприятий они дают реальную, легко учитываемую экономию топлива и социальный эффект. Зачастую они не требуют транспортирования, удобны для локального энергоснабжения небольших удаленных объектов, что особенно важно для агропромышленных комплексов.

В Республике Беларусь на 01.12.2015 г. действовали:

- 17 биогазовых установок (суммарной электрической мощностью около 22,7 МВт);
- 51 гидроэлектростанция (около 34,6 МВт);
- 50 ветроэнергетических установок (около 29 МВт);

- 118 тепловых насосов (около 10 МВт);
- 29 фотоэлектрических станций (около 12,8 МВт);
- 287 гелиоводонагревательных установок (около 3,9 МВт).

Производство тепловой энергии с использованием энергии Солнца будет осуществляться за счет увеличения количества гелиоводонагревателей и различных гелиоустановок для интенсификации процессов сушки продукции и подогрева воды в сельскохозяйственном производстве и для бытовых целей.

Некоторые данные по географическому расположению и солнечной радиации в нашей стране приведены в статье «Солнечное будущее» [13]. Беларусь расположена между 56-м и 51-м градусами северной широты, что определяет угол падения солнечных лучей, продолжительность дня и количество поступающей солнечной радиации. В течение года первый показатель в полдень изменяется на 47° , продолжительность дня – более чем на 10 часов. Годовой приход суммарной солнечной радиации увеличивается от северных к южным районам – от 3500 до 4050 МДж/м² (84–97 ккал/см²). Пасмурных дней насчитывается от 175 на северо-западе до 135 на юго-востоке, ясных – от 30–35 за год на северо-западе до 40–42 на юго-востоке. На большей части территории максимум безоблачных дней приходится на март – апрель, и только на юго-востоке – на июль – сентябрь. Продолжительность солнечного сияния составляет в среднем за год 1730–1950 часов, возрастая к юго-востоку. Она минимальна в осенне-зимний период (когда бывает до 20 дней в месяц без яркого солнца), а в остальные дни насчитывает в среднем по 3 часа. В мае – июле солнце не показывается только 1–3 дня в месяц, при этом в отдельные дни продолжительность сияния достигает 16 часов. Май – июль вместе дают примерно 48% годового прихода суммарной солнечной радиации, а ноябрь – январь – только 5%. Это означает, что потенциальная эффективность использования солнечной тепловой энергетики у нас только за счет благоприятных условий инсоляции на 10% выше, чем в Польше, Нидерландах, и более чем на 17% – в ФРГ, Бельгии, Дании, Ирландии, Великобритании, не говоря уже о странах, находящихся севернее. Словом, расположение республики, ее географическая широта, высота над уровнем моря, а также метеорологические условия не сдерживают развитие солнечной электроэнергетики. С учетом климатических условий основными направлениями использования энергии Солнца в Беларуси

преимущественно являются гелиоводонагреватели и различные гелиоустановки для интенсификации процессов сушки продукции и подогрева воды в сельскохозяйственном производстве, а также бытовых целей.

В табл. 2 представлена общая тепловая мощность солнечных термических коллекторов в некоторых странах. Лидеры в этой области – США, Германия, Турция и, особенно, Китай, что связано с мощностью их экономик, значительным количеством населения и месторасположением двух последних ближе к экватору. Кроме того, в Китае и Турции имеется недостаток других энергетических ресурсов и использование тепловой солнечной энергии – важный фактор в их жизни.

Солнечные термические коллекторы прямого облучения обеспечивают поглощение энергии непосредственно рабочей жидкостью. Именно в данных коллекторах использование наночастиц и воды с образованием наножидкости позволит существенно повысить эффективность и КПД до значений 80% и более при оптимизации их параметров.

На рис. 2 представлены зависимости коэффициента ослабления излучения водой α_{ext}^w [15], который практически равен коэффициенту поглощения воды α_{abs}^w , и зависимость интенсивности солнечного облучения I_s от λ [14] в спектральном диапазоне 200–2500 нм. В этом промежутке сосредоточено более 99% всей солнечной энергии, достигающей поверхности Земли. Обращает на себя внимание резкое падение вплоть до 4 порядков (10 тыс. раз) коэффициента ослабления излучения водой в диапазоне 200–500 нм и его возрастание при росте длины волны до 2500 нм. С другой стороны, интенсивность излучения увеличивается от $\sim 0,1$ Вт/м²нм при $\lambda = 200$ нм до $\sim 1,3$ Вт/м²нм при $\lambda = 530$ нм и в дальнейшем с ростом длины волны медленно уменьшается. Таким образом, в спектральном диапазоне 200–850 нм максимальные значения интенсивности приходятся

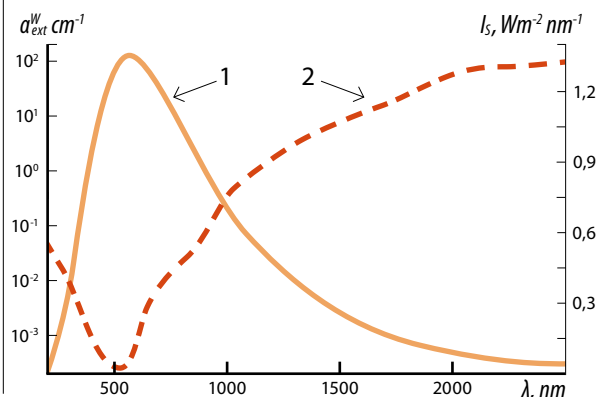


Рис. 2. Зависимости коэффициента ослабления излучения водой α_{ext}^w (пунктир) и интенсивности солнечного облучения I_s (сплошная линия) от длины волны излучения λ

на минимальные значения коэффициента поглощения (ослабления).

Это приводит к резкому снижению эффективности нагрева воды излучением в спектральном диапазоне 200–1000 нм, в котором содержится около 70% энергии, приходящейся на весь диапазон 200–2500 нм, и существенному снижению эффективности применения максимальных значений интенсивности солнечного излучения.

Для повышения эффективности поглощения необходимо использовать дополнительные специфические абсорберы, размещенные в воде в коллекторе, позволяющие резко повысить коэффициент поглощения воды и эффективность поглощения энергии солнечного излучения в коллекторе прямого облучения.

Для указанных целей в качестве таких абсорберов предлагаются наночастицы различных размеров, формы, строения, изготовленных из различных металлов (материалов), позволяющие реализовать поверхностный плазмонный резонанс со значительным пиком поглощения, что ведет к повышению эффективности поглощения солнечного излучения.

Высокие значения коэффициентов преобразования оптического излучения в тепловую энергию определяются соответствующими характеристиками наночастиц, обеспечивающих возрастание термической теплопроводности и стабильность наножидкостей и существенно расширяющих область спектра солнечного излучения при значительном поглощении. Следует отметить, что предлагаемое использование наночастиц представляет значительный интерес для Беларуси и может быть реализовано на основе разработок в сфере солнечных тепловых нанотехнологий. ■

SEE http://innosfera.by/2017/08/thermal_energy

ЛИТЕРАТУРА

1. REN 21 2016. Renewables 2016 Global Status Report. — Paris, 2016.
2. Сидорович В. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир. — М., 2015.
3. Денисов В. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. — М., 2015.
4. Гибилиско С. Альтернативная энергетика. — М., 2010.
5. Дорофейчик А. Н. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие. — Гродно, 2013.
6. Кривошеев Ю. К., Хутская Н. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. — Минск, 2011.
7. Елистратов В. В. Возобновляемая энергетика. — СПб., 2013.
8. Boxwel M. Solar Electricity Handbook 2014. — Greenstream Publishing, 2013.
9. Kalogirou S. A. Solar Energy Engineering, Processes and Systems. — Academic Press, 2013.
10. Walker A. Solar Energy: Technologies and Project Delivery for Buildings Publisher. — RSMeans, 2013.

Полный список литературы размещен на сайте innosfera.by



Резюме. В статье рассмотрен мировой опыт использования горючих сланцев, который учтен как один из источников использования сырья в энергетике, энергохимии и нефтехимии. Отражена актуальность экологических аспектов при их промышленной добыче. Справедливо отмечено, что сохранение природного разнообразия не является первоочередным интересом сланцевых промышленников.

Ключевые слова: использование горючих сланцев, технологии добычи, экономическая оценка, энергетическое и химическое сырье, промышленное освоение, экологические аспекты.

УДК 553.541:665.6



Володимир
ПРОНЬКО

**Александр
Цедрик,**

младший научный
сотрудник, аспирант
Института экономики
НАН Беларуси

Концепция национальной безопасности Республики Беларусь в составе основных угроз выделяет истощение минеральных ресурсов. Также в данном контексте следует отметить недостатки организации их учета и низкое самообеспечение ими. В соответствии со стратегией развития геологической отрасли и интенсификации освоения минерально-сырьевой базы страны до 2025 г., предусматривается разработка экономического механизма ресурсопользования и системы экономических показателей, позволяющих оценить эффективность вовлечения полезных ископаемых в хозяйственный