



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Cooperation Office in the Kyrgyz Republic  
Кыргыз Республикасындагы Кызматташтык Бюро  
Швейцарское Бюро по сотрудничеству в Кыргызской Республике



European Bank  
for Reconstruction and Development



Empowered lives.  
Resilient nations

Проект ПРООН-ГЭФ «Развитие малых ГЭС»  
Проект ПРООН-ГЭФ «Повышение энергоэффективности в зданиях»  
Программа БАС ЕБРР

# Введение в солнечные установки

ЦЕЛИ РАЗВИТИЯ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ООН:

Цель 1: Искоренение крайней нищеты и голода

Цель 7: Обеспечение экологической устойчивости

УДК 621.1  
ББК 31.27-01  
М 47

Меляков И.Н, Пантелеев В.П..

М 47 Введение в солнечные установки. — Б.: «Алтын Принт», 2012. — 56 с.

ISBN 978-9967-08-365-3

Данная вводная информационная брошюра подготовлена в рамках проекта ЦРВИЭЭ «Повышение потенциала местных консультантов по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности» при финансовой поддержке БАС ЕБРР (<http://www.basp.biz/>), проектов ПРООН «Развитие малых ГЭС» (<http://www.greenenergy.kg>) и «Повышение энергоэффективности в зданиях» (<http://kg.beeca.net>).

В брошюре приводятся минимальные сведения, необходимые для получения представления о принципе работы установок и принятия обоснованного решения о выгоды внедрения солнечных установок для обеспечения горячего водоснабжения, отопления, получения электроэнергии.

Руководство адресовано широкому кругу читателей: руководителям, сотрудникам НИИ и государственных учреждений, студентам учебных заведений, предпринимателям в области сельского хозяйства и фермерам.

М 2207000000-12

УДК 621.1

ISBN 978-9967-08-365-3

ББК 31.27-01

© ЦРВИЭЭ 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Использование солнечной энергии.....	4
История развития солнечных технологий.....	8
Преимущества использования солнечной энергии.....	11
Виды солнечных установок и их устройство .....	13
Сравнение плоских и вакуумных коллекторов .....	23
Системы пассивного нагрева воды в вакуумных коллекторах. ....	24
Вакуумный коллектор с терморубками.....	25
Солнечные системы горячего водоснабжения. ....	27
Одноконтурные системы солнечного горячего водоснабжения с пассивной циркуляцией теплоносителя.....	28
Двухконтурные системы СВНУ с пассивной циркуляцией теплоносителя .....	29
Двухконтурные системы с активной циркуляцией теплоносителя.....	30
Солнечные системы для отопления зданий.....	32
Концентраторы .....	35
Солнечные технологии для получения электричества .....	37
Фотоэлектрические солнечные элементы (ФСЭ) .....	39
Фотоэлектрические модули (ФМ) .....	41
Фотоэлектрические системы.....	42
Примеры использования солнечных установок в Кыргызской Республике .....	47
Приблизительный расчет окупаемости гелиоустановок для ГВС, отопления и электроснабжения.....	51
ЛИТЕРАТУРА .....	55

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Солнце является главным источником энергии на Земле, мощность которого несравнима ни с какими другими источниками. Всего 22 дня солнечного сияния по суммарной мощности, приходящей на Землю, равны всем запасам органического топлива на планете.

Использование всего 0,0005% энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а 0,5% - полностью покрыть потребности на перспективу.

Люди с давних времен понимали великую силу солнца и использовали его, в основном, для нагревания воды в силу уровня развития технологий. Принципы солнечного отопления известны на протяжении тысячелетий. Покрашенная в черный цвет поверхность сильно нагревается на солнце, тогда как светлые поверхности нагреваются меньше, белая же меньше всех остальных. Это свойство используется в солнечных коллекторах – наиболее известных приспособлениях, непосредственно использующих энергию Солнца.

Солнечная энергия распространяется практически повсюду, и ее привлечение не требует больших средств и времени. Однако она падает на всю поверхность Земли, нигде не достигая большой интенсивности. Потому важнее всего накопить и сохранить эту энергию. Ее нужно уловить на сравнительно большой площади, сконцентрировать и превратить в такую форму, которую можно использовать для промышленных, бытовых и транспортных нужд. Кроме того, надо уметь запасать солнечную энергию, чтобы поддерживать энергоснабжение и ночью, и в пасмурные дни.

В среднем по году, в зависимости от климатических условий и широты местности, поток солнечного излучения на земную поверхность составляет от 100 до 250 Вт/м<sup>2</sup>, достигая пиковых значений в полдень при ясном небе, практически в любом (независимо от широты) месте, около 1 000 Вт/м<sup>2</sup>. В условиях средней полосы России, например, солнечное излучение «приносит» на поверхность земли энергию, эквивалентную примерно 100-150 кг условного топлива на м<sup>2</sup> в год<sup>1</sup>.

При использовании солнечной энергии важную роль играет ориентация по сторонам света и угол наклона солнечной установки

<sup>1</sup> По материалам сайта <http://www.solarhome.ru>

(гелиоустановки) по отношению к солнцу. Это оказывает влияние на эффективность использования солнечной энергии. Поэтому гелиоустановка должна быть ориентирована по направлению солнца, а угол падения солнечных лучей на поверхность гелиоустановки должен быть максимально приближен к  $90^\circ$  (это зависит от времени года).

В настоящее время разработано большое разнообразие устройств, использующих энергию солнца, для удовлетворения разных энергетических потребностей человечества: отопления, освещения и вентиляции зданий, опреснения воды, производства электроэнергии и др. Солнечные установки находят свое применение в производстве и сельском хозяйстве. Солнечные устройства используются для сушки материалов и сельскохозяйственных продуктов, в различных технологических процессах.

Использование высокопотенциального тепла сгорания углеводородов или высококачественной электроэнергии для горячего водоснабжения и отопления зданий крайне расточительно. Большой частью эти потребности могут быть покрыты при использовании солнечного тепла, что является наиболее рациональным, как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Солнечное теплоснабжение получило развитие во многих зарубежных странах. Большинство установок солнечного теплоснабжения оборудовано солнечным коллектором. Только в США эксплуатируются солнечные коллекторы площадью 10 млн.  $\text{м}^2$ .

На практике солнечная радиация может быть преобразована в электроэнергию непосредственно или косвенно. Косвенное преобразование может быть осуществлено путем концентрации радиации с помощью следящих зеркал для превращения воды в пар и последующего использования пара для генерирования электричества обычными способами. Такая система может работать только при прямом освещении солнечными лучами.

Технически концентрацию солнечного излучения можно осуществить с помощью различных оптических элементов - зеркал, линз, световодов и др. Основным энергетическим показателем концентратора солнечного излучения является коэффициент концентрации, который определяется как отношение средней плотности сконцентрированного излучения к плотности лучевого потока, который падает на отражающую поверхность при условии точной ориентации на Солнце.

Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую может быть осуществлено с использованием фотоэлектрического эффекта. Наиболее эффективными с энергетической точки зрения устройствами для превращения солнечной энергии в электрическую (т.к. это прямой, одноступенчатый переход энергии) являются полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП).

Фотоэлектрические преобразователи собранные в единое конструктивное устройство представляют собой фотоэлектрические станции (ФЭС). Эти ФЭС практически не оказывают никакого воздействия на окружающую природную среду, отсутствие подвижных частей делает их работу бесшумной, малозатратной при проведении технического обслуживания и ремонта. Довольно просто можно производить наращивание мощности ФЭС от нескольких сотен ватт (портативные модули для средств связи и измерительных приборов) до многих мегаватт (электростанции площадью несколько миллионов квадратных метров).

Солнечные концентраторы используются также для повышения эффективности работы любых других солнечных установок (солнечных коллекторов, фотоэлектрических преобразователей, солнечных сушилок, опреснителей и т.д.). В чистом виде концентраторы применяются в качестве термических печей. Малогабаритные параболические печи ( $\varnothing 1,5-2$  м) используются для приготовления пищи.

Такие печи в последнее время становятся востребованными в Кыргызстане среди чабанов и сельских жителей. А в промышленности огромные печи (диаметром в несколько десятков метров) используются для плавки металлов и для различных технологических процессов. Подобная печь мощностью 1 МВт имеется в Узбекистане, которая используется для получения высокотемпературных пластиков.

Географическое положение и климатические условия Кыргызстана являются самыми благоприятными для использования солнечной энергии. Годовое поступление солнечной радиации по Кыргызстану в среднем составляет около 2000 кВт ч/(м<sup>2</sup>·год).

Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация в Кыргызстане на горизонтальную поверхность при безоблачном небе за

каждый месяц года, МДж/(м<sup>2</sup>·месяц) в зависимости от географической широты местности приведена в таблице 1<sup>2</sup>.

1 МДж/(м<sup>2</sup>·месяц) равен 0,278 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·месяц).

**Таблица 1**

Месяц	Географическая широта, град. с.ш.							
	40	44	48	52	56	60	64	68
январь	322	261	207	164	113	68	35	–
февраль	417	365	324	270	220	169	134	112
март	639	603	565	528	467	406	405	282
апрель	757	724	702	678	650	612	585	567
май	893	872	862	850	840	825	824	809
июнь	897	889	881	880	873	877	864	865
июль	891	886	877	882	875	856	855	889
август	803	768	736	719	695	660	641	639
сентябрь	654	619	589	540	486	454	400	355
октябрь	510	465	406	344	267	208	173	122
ноябрь	358	308	254	194	127	84	56	34
декабрь	298	234	184	126	84	47	–	–
Итого, МДж/(м <sup>2</sup> ·год)	7439	6994	6587					
Итого, кВт·ч/(м <sup>2</sup> ·год)	2068	1944	1831					

Данные по поступлению солнечной энергии [МДж/(м<sup>2</sup>·день)] по г. Бишкек приведены в таблице 2<sup>3</sup>.

**Таблица 2**

Поз.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>E</b>	7,56	10,13	12,28	17,37	21,6	25,16	24,3	21,73	17,37	11,61	7,09	5,8
<b>E<sub>p</sub></b>	3,91	5,36	6,34	7,78	6,91	7,78	7,56	6,48	5,56	4,86	3,34	3,1
<b>T<sub>в</sub></b>	–5,6	–3,2	3,8	11,4	16,9	21,3	24,1	22,6	17,3	10,1	2,2	–2,9
<b>K<sub>я</sub></b>	0,57	0,55	0,48	0,52	0,55	0,61	0,61	0,61	0,61	0,57	0,49	0,50

Данные по поступлению солнечной энергии [МДж/(м<sup>2</sup>·месяц)] по г. Бишкек приведены в таблице 2а

<sup>2</sup> СНиП «Строительная климатология КР», Кыргызстан, 01.06.2000 г.

<sup>3</sup> Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоиздат, 1991. – 208 с.

Таблица 2а

Поз.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год, МДж/ м <sup>2</sup>	Год, кВт·ч/ м <sup>2</sup>
Е	234	284	381	521	670	755	753	674	521	360	213	180	5546	1542
Е <sub>р</sub>	121	150	197	233	214	233	234	201	167	151	100	96	2097	583

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Люди с давних времен использовали солнце, в основном, для добывания огня и нагревания воды, до того, как ископаемое топливо заняло лидирующее место в мировой энергетике.

Еще в 212 г. до н.э. греческий ученый Архимед использовал отражающие свойства бронзовых щитов, чтобы сфокусировать солнечный свет и поджечь деревянные корабли Римской империи, которые осаждали Сиракузы<sup>4</sup>. (Хотя никаких доказательств этому не существует, греческий флот воссоздал эксперимент в 1973 году и успешно поджог деревянную лодку на расстоянии 50 метров.).

Первые солнечные коллекторы появились около двухсот лет назад. Самый известный из них – плоский солнечный коллектор – был изготовлен в 1767 году швейцарским ученым по имени Гораций де Соссюр. Позднее им воспользовался для приготовления пищи сэр Джон Гершель во время своей экспедиции в Южную Африку в 30-х годах XIX века.

В 1908 году Вильям Бейли из американской «Carnegie Steel Company» изобрел солнечный коллектор с медными трубками и теплоизолированным корпусом – похожий на современный коллектор с термосифонными трубками (см. ниже). Бейли продал 4 000 таких коллекторов к концу первой мировой войны, а купивший у него патент бизнесмен из Флориды, к 1941 году продал почти 60 000 коллекторов. Во время второй мировой войны в США были введены ограничения на использование меди, что привело к резкому падению рынка солнечных коллекторов. Это существенно затормозило их развитие и совершенствование.

Однако всемирный нефтяной кризис 1973 года пробудил новый интерес к альтернативным источникам энергии. В результате возрос спрос и на солнечную энергию. Эффективность систем

солнечного отопления с 1970-х постоянно возрастает благодаря использованию для покрытия коллекторов закаленного стекла с пониженным содержанием железа (оно пропускает больше солнечной энергии, чем обычное стекло), улучшенной теплоизоляции и прочному селективному покрытию.

История фотоэлементов берет начало в 1839 году, когда французский физик Эдмон Беккерель открыл фотогальванический эффект<sup>5</sup>. За этим последовали дальнейшие открытия:

В 1883 г. электрик из Нью-Йорка Чарльз Фриттс изготовил фотоэлементы из селена, которые преобразуют свет в видимом спектре в электричество и имеют КПД 1-2%. (светочувствительные элементы для фотоаппаратов до сих пор делают из селена).

В начале 50-х годов XX века был изобретен метод Чохральского, который применяется для выращивания кристаллического кремния.

В 1954 г. родилась фотоэлектрическая технология, когда в лаборатории компании «Bell Telephone» синтезировали кремниевый силиконовый фотоэлектрический (PV) элемент с КПД 4%, в дальнейшем эффективность достигла 11%.

В 1958 г. космический спутник Vanguard I (Авангард) использовал маленький (менее 1 ватта) массив для питания своих радиоприемников. В том же году, Explorer III, Vanguard II, и Спутник-3 были запущены с PV-питанием бортовых систем. Несмотря на прерывистые попытки коммерциализации кремниевых солнечных элементов в 1950-х и 60-х годах, они были успешно использованы в питании спутников. PV-панели приняты источником энергии для космических технологий. Вообще, космические исследования сыграли важную роль в развитии фотоэлементов.

Во время нефтяного кризиса 1973-74 гг. сразу несколько стран запустили программы по использованию фотоэлементов, что привело к установке и опробованию свыше 3100 фотоэлектрических систем только в Соединенных Штатах. Многие из них до сих пор находятся в эксплуатации.

В 1981 г. Пол Маккриди строит первый самолет на солнечных батареях – Solar Challenger, – который пролетел из Франции в Англию через Английский канал. Самолет имел более 16 тысяч солнечных ячеек, установленных на крыльях, которые вырабатывали 3000 Вт.

В 1982 г. первая фотоэлектрическая мегаваттная электростанция подключается к сети в Hisperia, штат Калифорния. Она имеет си-

стему мощностью 1 МВт, разработанную ARCO Solar. Объем мирового производства фотоэлектрических элементов на этот момент составлял уже 9,3 мегаватта. В этом году Министерство энергетики США совместно с промышленным консорциумом начинает работу над Solar One, 10-мегаваттного демонстрационного проекта. Проект показывает пригодность систем питания зданий, солнечных тепловых электростанций или технологии концентрации солнечной энергии.

В этом же году австралиец Ханс Золстрап управлял первым автомобилем на солнечных батареях – Quiet Achiever – почти 2800 миль между Сиднеем и Перте за 20 дней – на 10 дней быстрее, чем первые бензиновые машины.

В 1986 г. был введен в эксплуатацию крупнейший в мире солнечный тепловой объект, расположенный в Kramer Junction, штат Калифорния. Солнечное поле, содержащее ряды зеркал, концентрирующих энергию солнца на систему труб по которым циркулирует жидкий теплоноситель. Жидкий теплоноситель был использован для производства пара, питающего обычные турбины для выработки электроэнергии.

В 1994 был подключен к сети первый тарельчатый солнечный генератор, использующий свободный поршень двигателя Стирлинга.

В 1999 г. совокупный мировой объем установленных фотоэлектрических мощностей достигает 1000 МВт.

В 2008 г. ученые из Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии (NREL) Министерства энергетики США установили мировой рекорд эффективности солнечных элементов с фотоэлектрическим устройством, которое преобразует 40,8% света в электричество. Была разработана перевернутая метаморфическая трех переходная солнечная батарея, изготовлена и независимо оценена при Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии.

В 2011 г. быстрорастущие заводы в Китае дали толчок производству более дешевых панелей (около \$1,25/Вт для кремниевых фотоэлектрических модулей). Они поставили на мировой рынок свои дешевые панели и ряд европейских и североамериканских заводов оказались вне бизнеса.

## ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

### **Экономия**

Нагрев воды с помощью энергии Солнца – очень практичный и экономный способ. Даже в регионах с относительно небольшим количеством солнечной радиации, например в Северной Европе, солнечная система может обеспечить 50-70% потребности в горячей воде. В Южной Европе солнечный коллектор может обеспечить 70-90% потребляемой горячей воды. В сочетании с дерево-сжигающими печами бытовую потребность в горячей воде можно удовлетворять практически круглый год без применения ископаемых видов топлива.

Используя энергию солнца, гелиосистемы позволяют ежегодно экономить традиционное топливо<sup>6</sup>:

- до 75% - для горячего водоснабжения (ГВС) при круглогодичном использовании;

- до 95% - для горячего водоснабжения при сезонном использовании;

- до 50% - для целей отопления;

- до 80% - для целей дежурного отопления.

Стоимость полной системы горячего водоснабжения и отопления в разных странах значительно отличается: в Европе и США она составляет от 2000 до 4000 долларов США. Зависит она, в частности, и от требований к горячей воде, принятых в данной стране, и от климата. Начальное капиталовложение в такую систему, как правило, выше, чем требуется для установки электро- или газового обогревателя, но с учетом суммы всех расходов общие затраты за весь срок службы солнечных водонагревателей обычно ниже, чем для традиционных систем обогрева. Необходимо отметить, что основной срок окупаемости средств, вложенных в солнечную систему, зависит от цен на ископаемые энергоносители, ею замещаемые. В странах Европейского Союза срок окупаемости составляет обычно менее 10 лет. Ожидаемый срок службы солнечных обогревательных систем – 20-30 лет.

В то время, как тепловые солнечные системы показывают КПД 50-90%, фотоэлектрические системы достигают эффективности на практике в среднем 10-15%. Несмотря на это, благодаря развитию технологий, КПД солнечных батарей, достигавший в середине 1970-х гг. в лабораторных условиях 18%, составляет в настоящее время 28,5% для элементов из кристаллического кремния и 35% - из двухслойных пластин из арсенида галлия и антипода галлия. Разработаны многообещающие элементы из тонкопленочных (1-2 мкм) полупроводниковых материалов: хотя их КПД низок (не выше 16% даже в лабораторных условиях), стоимость очень мала (не более 10% стоимости современных солнечных батарей). При этом стоимость солнечных батарей быстро уменьшается (в 1970 г. 1кВт·ч электроэнергии, вырабатываемой с их помощью стоил 60 долларов, в 1980 г. - 1 доллар, сейчас - 20-30 центов). Благодаря этому спрос на солнечные батареи растет на 25% в год, ежегодный объем их продажи превышает (по мощности) 40 МВт.

В настоящее время в нескольких миллионах жилых домов и предприятий пользуются солнечными системами нагрева воды. Это экономичный и надежный вид горячего водоснабжения. Нагрев воды для бытовых целей или отопления с помощью солнечной энергии - естественный и простой метод сбережения энергии и сохранения запасов ископаемого топлива.

Для достижения большей экономии и сокращения срока окупаемости можно применять несложные самодельные солнечные устройства, выполненные из доступных материалов и инструментов, например, утепленные водонагреватели наподобие летнего душа. Отношение их цены и эффективности по сравнению с заводскими водонагревателями может быть в 2-3 раза меньше.

### **Экология**

Солнечные установки позволяют своему владельцу сэкономить деньги, не оказывая при этом вредного влияния на окружающую среду. Использование, например, одного солнечного коллектора позволяет сократить выбросы в атмосферу углекислого газа на 1-2 тонны в год. Переход на солнечную энергию предотвращает выбросы и других загрязнителей, таких как двуокись серы, угарный газ и закись азота.

Использование солнечной энергии в частном секторе и, особенно, в сельской местности позволяет сократить вырубку деревьев и кустарников в искусственных насаждениях и естественных лесных экосистемах.

Более того, независимо от того, будем мы использовать солнечную энергию или нет, на энергетическом балансе Земли и состоянии биосферы это никак не отразится, в отличие от ископаемых видов топлива.

### **Независимость (автономность)**

Солнечная энергия распространяется практически повсюду, и ее привлечение не требует больших средств и времени.

Солнце светит всем одинаково!

Использование солнечной энергии позволяет стать менее зависимым от центральных сетей энергоснабжения и завозимого топлива. Солнечные установки могут покрыть до 50-70% энергетических потребностей здания, а при правильном расчете – до 100 % нагрузки электроприборов, кроме отопления и горячего водоснабжения. В сочетании с другими возобновляемыми источниками энергии и соблюдением принципов энергосбережения дом можно сделать абсолютно энерго-автономным.

Во время нередких в нашей стране веерных отключений солнечные батареи могут стать системой бесперебойного питания электроприборов здания (в качестве резервного источника), кроме отопления и горячего водоснабжения.

В настоящее время солнечные установки, особенно солнечные батареи и солнечные печи, становятся востребованными в отдаленных регионах страны, отрезанных от системы электропередач и путей подвоза топлива, главным образом, на горных пастбищах и туристических центрах.

### **Виды солнечных установок и их устройство**

По виду преобразования солнечной энергии в другие виды энергии солнечные установки подразделяются на тепловые и электрические. К тепловым установкам относятся все водонагревательные и отопительные коллекторы, кондиционеры, солнечные печи, сушилки, теплицы, опреснители и некоторые другие. К электрическим – фотоэлектрические преобразователи и мощные солнечные

термоэлектрические станции. Рассмотрим некоторые виды солнечных установок, традиционно применяемых в бытовых условиях.

Солнечные водонагревательные установки (СВНУ)

Главным компонентом солнечной водонагревательной установки (СВНУ) является солнечный коллектор. **Солнечные коллекторы (СК)** – это технические устройства, предназначенные для прямого преобразования солнечного излучения (СИ) в тепловую энергию в системах теплоснабжения (СТС) для нагрева воздуха, воды или других жидкостей. СТС обычно принято разделять на пассивные и активные. Самыми простыми и дешевыми являются пассивные СТС, которые для сбора и распределения солнечной энергии используют специальным образом сконструированные архитектурные или строительные элементы здания или сооружения и не требуют дополнительного оборудования.



**Рис. 1.** Солнечные водонагревательные установки

Чаще всего используются плоские коллекторы, состоящие из пластины-поглотителя (абсорбера), на которой солнечная радиация превращается в тепло и передается жидкости-теплоносителю, теплоизоляции по краям и под абсорбером, ящика, который все это содержит и обеспечивает необходимую вентиляцию стеклянной либо пластмассовой крышки. Если для покрытия используется стекло, важно, чтобы содержание в нем железа было низким либо нулевым, для того чтобы по меньшей мере 95% солнечной радиации проходило сквозь стекло. Чаще всего используется одинарный слой стекла, что упрощает систему и делает ее более дешевой. Под прозрачным покрытием температура может достигать 100-140 °С для коллекторов с обычным и 150-200 °С – с селективным покрытием.

Солнечные коллекторы обычно устанавливают прямо на крыше здания либо на раме, смонтированной на плоской крыше или на

земле. Можно также делать коллекторы частью крыши. Иногда возникают трудности с герметизацией пространства между коллектором и остальным пространством крыши.

Размер солнечного коллектора зависит от суточной потребности в горячей воде. В среднем один человек потребляет в день до 50 литров горячей воды с температурой 55 - 60°C (умывание и душ, без учета стирки). Доказано, что для нагрева 50 литров воды в сутки средняя площадь солнечных коллекторов должна равняться 1-1,5 м<sup>2</sup>. Цена коллектора зависит от его размеров и от стоимости работ по его установке. Последняя проще всего осуществляется в том случае, когда солнечная система учитывалась при разработке проекта постройки нового дома. Тогда архитектор может заранее включить коллекторы в свой проект, как с эстетической точки зрения, так и с экономической.

### **Типы солнечных коллекторов**

Типичный солнечный коллектор накапливает солнечную энергию в установленных на крыше здания модулях трубок и металлических пластин, окрашенных в черный цвет для максимального поглощения радиации. Они заключены в стеклянный или пластмассовый корпус и наклонены к югу, чтобы улавливать максимум солнечного света. Таким образом, коллектор представляет собой миниатюрную теплицу, накапливающую тепло под стеклянной панелью. Поскольку солнечная радиация распределена по поверхности, коллектор должен иметь большую площадь.

Существуют солнечные коллекторы различных размеров и конструкций в зависимости от их применения. Они могут обеспечивать хозяйство горячей водой для стирки, мытья и приготовления пищи, либо использоваться для предварительного нагрева воды для существующих водонагревателей. В настоящее время рынок предлагает множество различных моделей коллекторов. Их можно разделить на несколько категорий.

Различают несколько видов коллекторов в соответствии с температурой, которую они дают:

- низкотемпературные коллекторы производят низкопотенциальное тепло, ниже 50°C. Используются они для подогрева воды в бассейнах и в других случаях, когда требуется не слишком горячая вода;

- среднетемпературные коллекторы производят высоко- и среднетемпературное тепло (выше 50°C, обычно 60-80°C). Обычно это остекленные плоские коллекторы, в которых теплопередача совершается посредством жидкости, либо коллекторы-концентраторы, в которых тепло концентрируется. Представителем последних является коллектор вакуумированный трубчатый, который часто используется для нагрева воды в жилом секторе;
- высокотемпературные коллекторы представляют собой параболические тарелки и используются в основном электрогенерирующими предприятиями для производства электричества для электросетей.

### **Интегрированный коллектор**

Простейший вид солнечного коллектора – это «емкостной» или «термосифонный коллектор», получивший это название потому, что коллектор одновременно является и теплоаккумулирующим баком, в котором нагревается и хранится «одноразовая» порция воды. Такие коллекторы используются для предварительного нагрева воды, которая затем нагревается до нужной температуры в традиционных установках, например, в газовых колонках. В условиях домашнего хозяйства предварительно подогретая вода поступает в бак-накопитель. Благодаря этому снижается потребление энергии на последующий ее нагрев.

**Термосифонными** называются солнечные водонагревательные системы с естественной циркуляцией (конвекцией) теплоносителя, которая происходит благодаря изменению плотности воды с изменением ее температуры.

При этом в емкостном коллекторе нагретая вода поднимается вверх, а холодная вода опускается вниз. Таким образом, при нагревании вода в емкости разделяется и, условно, формируются слои нагретой и холодной воды.

В плоском коллекторе нагретая вода поднимается по стояку, и поступает в бак-накопитель. На место нагретой воды в коллектор со дна бака-накопителя поступает холодная вода. Поэтому необходимо располагать коллектор ниже бака-накопителя, чтобы верхний край панели находился хотя бы на 50 см ниже дна бака-накопителя.

Такой коллектор – недорогая альтернатива активной солнечной водонагревательной системе, не использующая движущихся частей (насосов), требующая минимального техобслуживания, с нулевыми эксплуатационными расходами. К этому виду коллекторов принадлежат также «Integrated Collector and Storage» - интегрированные коллекторы-накопители. Они состоят из одного или нескольких черных баков, наполненных водой и помещенных в теплоизолированный ящик, накрытый стеклянной крышкой. Иногда в ящик помещают также рефлектор, усиливающий солнечное излучение. Свет проходит сквозь стекло и нагревает воду. Эти устройства совсем недороги, однако перед наступлением холодов воду из них необходимо слить либо защитить от замерзания.

### **Плоские коллекторы**

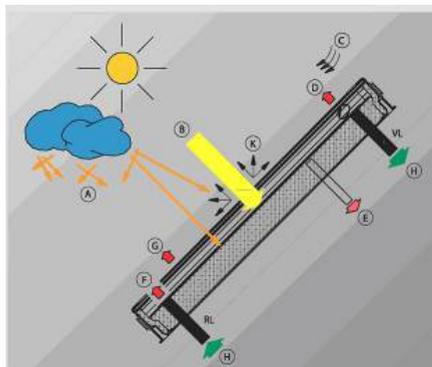
Плоские коллекторы – самый распространенный вид солнечных коллекторов, используемых в бытовых водонагревательных и отопительных системах. Обычно этот коллектор представляет собой теплоизолированный металлический ящик со стеклянной либо пластмассовой крышкой, в который помещена окрашенная в черный цвет пластина абсорбера (поглотителя). Остекление может быть прозрачным либо матовым. В плоских коллекторах обычно используется матовое, пропускающее только свет, стекло с низким содержанием железа (оно пропускает значительную часть поступающего на коллектор солнечного света). Солнечный свет попадает на тепловоспринимающую пластину, а благодаря остеклению снижаются потери тепла. Дно и боковые стенки коллектора покрывают теплоизолирующим материалом, что еще больше сокращает тепловые потери.

Пластину абсорбера обычно окрашивают в черный цвет, так как темные поверхности поглощают больше солнечной энергии, чем светлые. Солнечный свет проходит через остекление и попадает на поглощающую пластину, которая нагревается, превращая солнечную радиацию в тепловую энергию. Это тепло передается теплоносителю - воздуху или жидкости, циркулирующей по трубкам. Поскольку большинство черных поверхностей все же отражает порядка 10% падающей радиации, некоторые пластины-поглотители обрабатываются специальным селективным покрытием, которое лучше удерживает поглощенный солнечный свет и служит дольше, чем обычная черная краска. Селективное покрытие, используемое

в коллекторах, состоит из очень прочного тонкого слоя аморфного полупроводника, нанесенного на металлическое основание. Селективные покрытия отличаются высокой поглощающей способностью в видимой области спектра и низким коэффициентом излучения в длинноволновой инфракрасной области.

**Рис. 2.** Использование солнечной энергии в плоском коллекторе:

*A* – излучение, рассеянное в атмосфере; *B* – прямое солнечное излучение; *C* – ветер, дождь, снег; *D* – потери вследствие конвекции; *E* – потери вследствие теплопроводности; *F* – тепловое излучение абсорбера; *G* – тепловое излучение защитного стекла; *H* – полезная мощность коллектора; *K* – отражение



Поглощающие пластины обычно изготовлены из металла, хорошо проводящего тепло (чаще всего меди или алюминия). Медь дороже, но лучше проводит тепло и меньше подвержена коррозии, чем алюминий. Пластина-поглотитель должна иметь высокую теплопроводность, чтобы с минимальными теплотерями передавать воде накопленную энергию. Плоские коллекторы делятся на жидкостные и воздушные. Оба вида коллекторов бывают остекленными или неостекленными.

### **Солнечные трубчатые вакуумированные коллекторы**

Традиционные простые плоские солнечные коллекторы были спроектированы для применения в регионах с теплым солнечным климатом. Они резко теряют в эффективности в неблагоприятные дни - в холодную, облачную и ветреную погоду. Более того, вызванные погодными условиями конденсация и влажность приводят к преждевременному износу внутренних материалов, а это, в свою очередь, - к ухудшению эксплуатационных качеств системы и ее поломкам. Эти недостатки устраняются путем использования вакуумированных коллекторов.

Вакуумированные коллекторы нагревают воду для бытового применения там, где нужна вода более высокой температуры. Солнечная радиация проходит сквозь наружную стеклянную трубку,

попадает на трубку-поглотитель и превращается в тепло. Оно передается жидкости, протекающей по трубке. Коллектор состоит из нескольких рядов параллельных стеклянных трубок, к каждой из которых прикреплен трубчатый поглотитель (вместо пластины-поглотителя в плоских коллекторах) с селективным покрытием. Нагретая жидкость циркулирует через теплообменник и отдает тепло воде, содержащейся в баке-накопителе.

Вакуумированные коллекторы являются модульными, т.е. трубки можно добавлять или убирать по мере надобности, в зависимости от потребности в горячей воде. При изготовлении коллекторов этого типа из пространства между трубками высасывается воздух и образуется вакуум, как в стеклянной колбе обычного термоса. Благодаря этому устраняются потери тепла, связанные с теплопроводностью воздуха и конвекцией, вызванной его циркуляцией. Остается радиационная потеря тепла (тепловая энергия движется от теплой к холодной поверхности, даже в условиях вакуума). Однако эта потеря мала и незначительна по сравнению с количеством тепла, передаваемого жидкости в трубке-поглотителе. Вакуум в стеклянной трубке - лучшая из возможных теплоизоляций для коллектора - снижает потери тепла и защищает поглотитель и теплоотводящую трубку от неблагоприятных внешних воздействий. Результат - отличные рабочие характеристики, превосходящие любой другой вид солнечного коллектора.

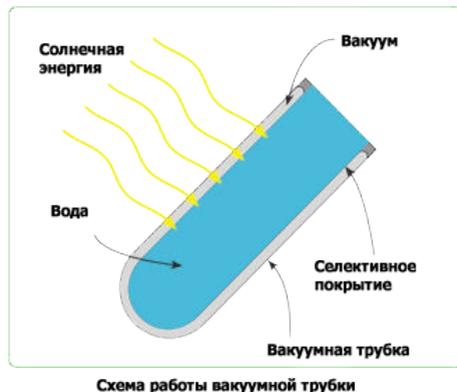
Существует множество различных видов вакуумированных коллекторов. В некоторых внутри трубки-поглотителя проходит еще одна, третья стеклянная трубка; есть и другие конструкции теплопередающих ребер и жидкостных трубок. Существует вакуумный коллектор, который вмещает по 19 литров воды в каждой трубке, устраняя, таким образом, потребность в отдельном баке для хранения воды. Можно также разместить позади вакуумных трубок рефлекторы, чтобы дополнительно концентрировать на коллекторе солнечную радиацию.

В регионах с высокими перепадами температур эти коллекторы гораздо эффективнее плоских по ряду причин. Во-первых, они хорошо работают в условиях как прямой, так и рассеянной солнечной радиации. Эта особенность в сочетании со свойством вакуума сводит к минимуму потери тепла наружу делает эти коллекторы незаменимыми в условиях холодной пасмурной зимы. Во-вторых, благодаря округлой форме вакуумной трубки, солнечный свет па-

дает перпендикулярно поглотителю в течение большей части дня. Для сравнения, в неподвижно закрепленном плоском коллекторе солнечный свет падает перпендикулярно его поверхности только в полдень. Вакуумированные коллекторы отличаются более высокой температурой воды и эффективностью, чем плоские, но при этом они и дороже.

Вакуумированная трубка похожа на обычный сосуд Дьюара и состоит из двух боросиликатных стеклянных трубок (рис. 3). Диаметр трубок – 47-58 мм, длина – 1,2-1,8 м, давление вакуума в пространстве между стенками - 0,005Па.

**Сосуд Дьюара** - сосуд, предназначенный для теплоизоляции содержащегося в нём вещества, и представляет собой колбу с двойными или кратными стенками, между которыми выкачан воздух, чтобы избежать конвекционной теплопередачи. Сосуд Дьюара был изобретён шотландским физиком и химиком сэром Джеймсом Дьюаром в 1892 году. Первые сосуды Дьюара для коммерческого использования были произведены в 1904 году, когда была основана немецкая компания Термос (нем. Thermos GmbH).

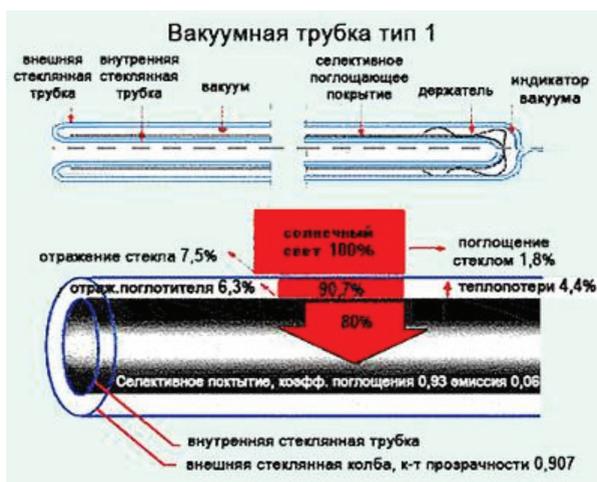


**Рис. 3.** Схема работы вакуумной трубки коллектора.

Для уменьшения потери на излучение обе внутренние поверхности колбы покрывают отражающим слоем. Имея селективное двенадцать слоев покрытие, состоящее из трех или пяти групп слоев, вакуумные трубки поглощают максимум падающей энергии (в том числе и отраженной), коллектор работает и тогда, когда солнце закрыто облаками.

Стекло выполнено с высокой степенью химической стойкости, теплостойкости и ударной прочности. На поверхность наружной части внутренней трубы нанесено селективное покрытие для поглощения солнечных лучей.

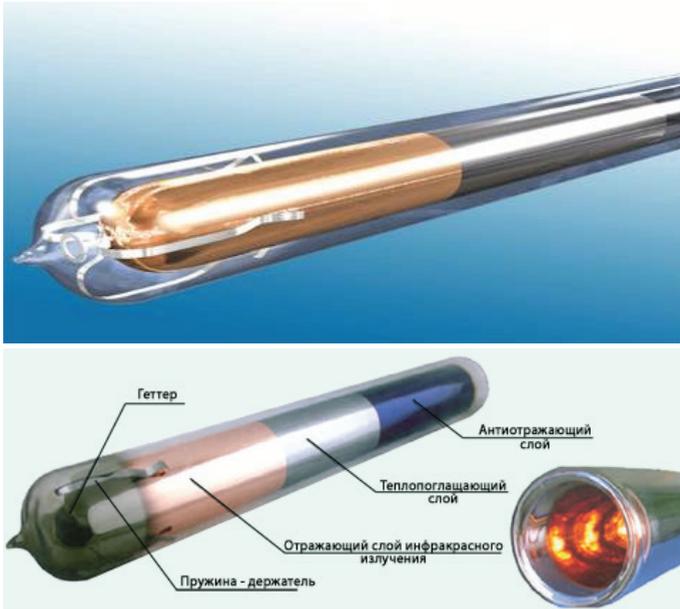
Внутренняя труба с нанесенным покрытием закрывается с одного конца и запечатывается с другого конца наружной трубы. В кольцеобразном пространстве между внутренней и наружной трубами создается вакуум для эффективного уменьшения потери тепла с использованием проводимости и конвекции.



**Рис. 4.** Конструкция и схема распределения потерь в трубке коллектора.

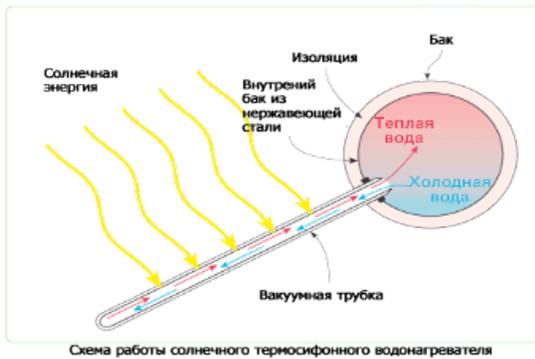
Кроме этого коллекторы с цилиндрической абсорбционной поверхностью имеют ряд неоспоримых преимуществ. Благодаря цилиндрической форме трубок солнечные лучи в течение дня падают на одинаковую по площади поверхность, это как бы плоский коллектор, поворачивающийся на одной оси за солнцем (рис. 4).

Так конструктивно выполнено пассивное слежение за солнцем, позволяющее коллекторам работать стабильно с максимальной производительностью в течение всего дня.



**Рис. 5.** Селективное покрытие вакуумной трубки.

Благодаря круглой форме элементы коллекторы не накапливают грязи, прекрасно моются дождем и устойчивы к ударам крупного града диаметром до 25мм.



**Рис. 6.** Схема работы вакуумной трубки коллектора.

Теплоаккумулирующий бак и трубки коллектора объединены вместе. Горячая вода, нагревшись в трубках коллектора, подни-

мается в бак, а более тяжелая холодная вода из бака опускается в трубки (рис. 6).

Таким образом, происходит нагрев воды в теплоаккумулирующем баке. Холодная вода поступает в нижнюю часть бака, а горячая вода расходуется из верхней части бака.

Для таких коллекторов существуют системы «Компакт», которые имеют устройства регулирования уровня воды в баке. Вакуумные коллекторы не рассчитаны на прямое подключение к напорной магистрали без этих устройств.

### **Сравнение плоских и вакуумных коллекторов**

В солнечные летние дни разницы в работе хороших плоских и вакуумных солнечных коллекторов практически незаметна<sup>7</sup>. Однако при низкой температуре окружающей среды преимущества вакуумных коллекторов становятся очевидны. Также, даже в летнее время есть разница между максимальными температурами нагрева воды в коллекторах. Если для плоских коллекторов максимальная температура не превышает 80-90 градусов, то в вакуумных коллекторах температура теплоносителя может превышать °С. С одной стороны, это требует постоянного отвода тепла от вакуумного коллектора, чтобы он не закипел, или применение других технических решений для предотвращения перегрева воды в теплоаккумулирующем баке.

С другой стороны, в системах с плоскими коллекторами существует проблема размножения бактерий и других микроорганизмов (там тепло и влажно), которой нет в системах с вакуумными коллекторами (в них происходит периодическая «пастеризация и стерилизация») за счет более высокой температуры. Так, средняя температура в работающей системе с плоскими коллекторами обычно составляет 40-50 градусов, а в системе с вакуумными коллекторами - 60-80 градусов (значения указаны для лета при типичном потреблении горячей воды).

Обычно системы с плоскими коллекторами используют сезонно, с весны по осень. В зимнее время производительность систем с плоскими солнечными коллекторами падает за счет теплотерь в окружающую среду. В круглогодичных солнечных водонагревательных установках обычно используются вакуумные солнечные коллекторы.

## СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО НАГРЕВА ВОДЫ В ВАКУУМНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ.

Они устанавливаются обычно выше места расхода горячей воды. Если при установке таких систем требуется большее давление горячей воды, то достаточно установить небольшой подкачивающий насос, рассчитанный на работу с горячей водой.



**Рис. 7.** Вакуумная солнечная водонагревательная установка.

Системы пассивного водонагревания используются как сезонно, так и круглогодично (при плюсовой температуре), они легко оборудуются дополнительным электронагревателем и автоматизируются. Используя автоматику, можно следить за температурой, уровнем воды и состоянием системы, а также обеспечить ее дополнительную надежность в зимний период.

Системы пассивного водонагревания с успехом используются на дачах, базах отдыха, кафе и барах, рабочих домиках и мастерских и др.

Установки имеют все преимущества солнечных установок с вакуумными коллекторами – быстрый нагрев, высокую температуру, высокую эффективность в прохладную погоду. Системы пассивного водонагревания являются простыми в эксплуатации, практически не требуют обслуживания, дешевле систем с отдельными баками и активной циркуляцией. Основные особенности:

- Надежная и эффективная система с вакуумными трубками;
- Простая установка;
- Многослойное PVDF полимерное покрытие;
- Материал бака – нержавеющая пищевая сталь;
- Низкие теплотери (рис. 4)
- Теплоизоляция бака-аккумулятора толщиной 60мм (рис. 6).

### Вакуумный коллектор с термотрубками.

Это более сложный и более дорогой тип коллектора. Термотрубка – это закрытая медная труба с небольшим содержанием легкокипящей жидкости (рис. 8).



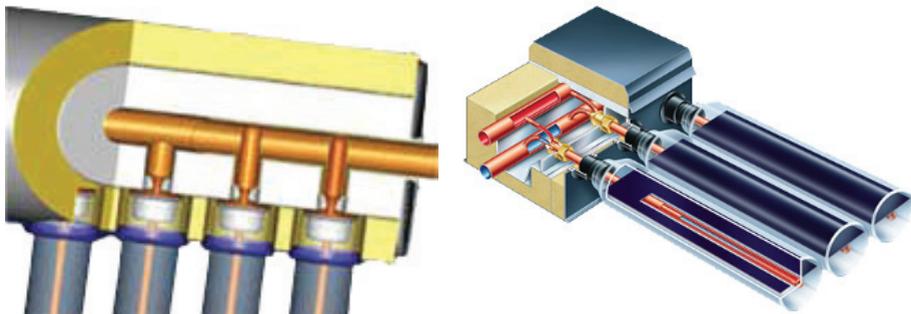
**Рис. 8.** Схема работы вакуумной трубки совместно с термосифонной.

Тепловые трубки (англ. heat pipe) — элемент системы охлаждения, принцип работы которого основан на том, что в закрытых трубках из теплопроводящего металла (например, меди) находится легкоиспаряющаяся жидкость. Перенос тепла происходит за счёт того, что жидкость испаряется на горячем конце трубки и конденсируется на холодном, а затем снова перетекает на горячий конец.

Под воздействием тепла жидкость испаряется и забирает тепло вакуумной трубки. Пары поднимаются в верхнюю часть – головку, где конденсируются и передают тепло теплоносителю основного контура водопотребления или незамерзающей жидкости отопительного контура.

Коллектор медных трубок (рис. 9) размещается в верхней части вакуумного коллектора (рис. 10).

Конденсат стекает вниз, и все повторяется снова. Приемник солнечного коллектора медный с полиуретановой изоляцией, закрыт нержавеющей листом (рис.11). Передача тепла происходит через медную “гильзу” приемника.



**Рис. 9.** Конструкция коллектора термосифонных трубок.

Благодаря этому отопительный контур отделен от трубок, при повреждении одной трубки коллектор продолжает работать. Процедура замены трубок очень проста, при этом нет необходимости сливать незамерзающую смесь из контура теплообменника.



**Рис. 10.** Общий вид вакуумного коллектора с медными трубками.

Другим важным преимуществом коллекторов с тепловыми трубками является их способность работать при температурах до  $-35^{\circ}\text{C}$  (полностью стеклянные коллекторы с тепловыми трубками) или даже до  $-50^{\circ}\text{C}$  (коллекторы с металлическими тепловыми трубками).

Обычно испарение начинается при температуре трубки более  $30^{\circ}\text{C}$ , таким образом при низких температурах трубка как бы «запирается» и не происходит потерь тепла через коллектор (например ночью или в пасмурную погоду).

При этом коллектор помещается снаружи помещения, а все остальное оборудование – внутри дома, что способствует минимизации тепловых потерь. Один солнечный коллектор нагреет за час: - 100 литров воды на 10 градусов; - 50 литров на 18 градусов; - 25 литров на 35 градусов; - 15 литров на 60 градусов; Максимальная температура нагретой воды - 80 градусов.

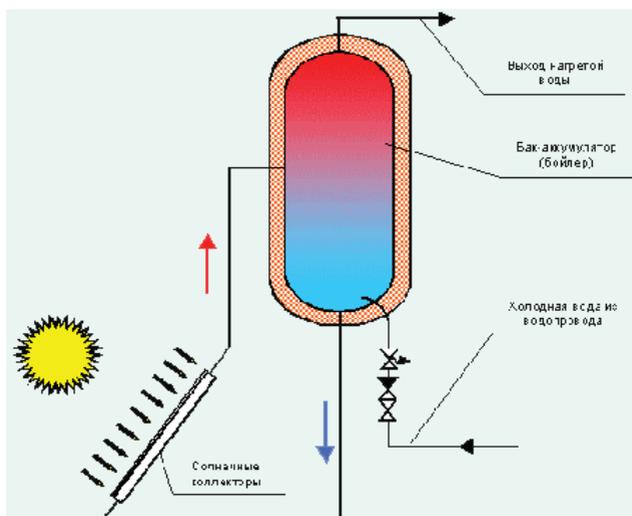
## **СОЛНЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В настоящее время в нескольких миллионах жилых домов и предприятий пользуются солнечными системами нагрева воды. Это экономичный и надежный вид горячего водоснабжения. Горячее водоснабжение - наиболее распространенный вид прямого применения солнечной энергии. Типичная установка состоит из одного или более коллекторов, в которых жидкость нагревается на солнце, а также бака для хранения горячей воды, нагретой посредством жидкости-теплоносителя. КПД тепловых солнечных систем достигает в настоящее время 50-90%. Даже в регионах с относительно небольшим количеством солнечной радиации, например в Северной Европе, солнечная система может обеспечить 50-70% потребности в горячей воде.

При строительстве новых домов такие системы включаются в общий план строительства. Так что хорошо спроектированная и правильно установленная солнечная система, благодаря своему эстетичному виду, может быть практически незаметна со стороны, тогда как приспособить систему к старой постройке бывает зачастую нелегко.

## ОДНОКОНТУРНЫЕ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ПАССИВНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ.

Коллекторы, бак-аккумулятор и соединительные трубопроводы системы заполнены холодной водой. Солнечное излучение, проходя через прозрачное покрытие (остекление) коллектора нагревает его поглощающую панель и воду в её каналах. При нагреве плотность воды уменьшается, и нагретая жидкость начинает перемещаться в верхнюю точку коллектора и далее по трубопроводу – в бак-аккумулятор. В баке нагретая вода перемещается в верхнюю точку, а более холодная вода размещается в нижней части бака, т. е. наблюдается расслоение воды в зависимости от температуры. Более холодная вода из нижней части бака по трубопроводу поступает в нижнюю часть коллектора.



**Рис. 11.** Схема одноконтурной пассивной СВНУ.

Таким образом, при наличии достаточной солнечной радиации, в коллекторном контуре устанавливается постоянная циркуляция, скорость и интенсивность которой зависят от плотности потока солнечного излучения. Постепенно, в течение светового дня, происходит полный прогрев всего бака, при этом отбор воды для использования должен производиться из наиболее горячих слоев воды,

располагающихся в верхней части бака. Обычно это делается подачей холодной воды в бак снизу под давлением, которая вытесняет нагретую воду из бака.

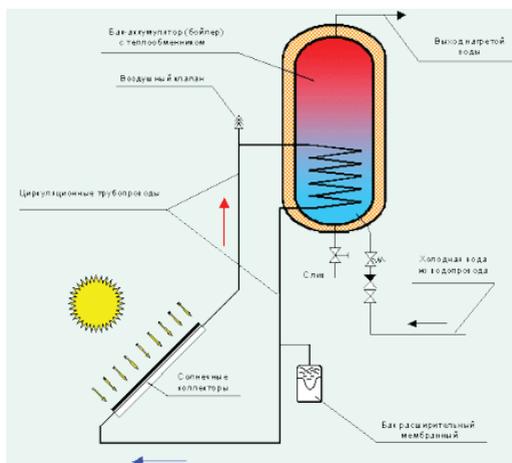
Особенностью этих систем является то, что это термосифонная система, поэтому нижняя точка бака-аккумулятора должна располагаться выше верхней точки коллектора и не далее 3–4 м от коллектора.

## **ДВУХКОНТУРНЫЕ СИСТЕМЫ СВНУ С ПАССИВНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

Работа такой системы аналогична работе одноконтурной системы, но в системе имеется отдельный замкнутый коллекторный контур, состоящий из коллекторов, трубопроводов и теплообменника в баке-аккумуляторе. Этот контур заправляется специальным (как правило, незамерзающим) теплоносителем.

При нагреве теплоносителя в коллекторе он поступает в верхнюю часть теплообменника, отдает тепло воде в баке и, охлаждаясь, движется вниз к входу в коллектор, осуществляя постоянную циркуляцию при наличии солнечной радиации.

Полный прогрев бака происходит постепенно, в течение всего светового дня, но поскольку отбор воды к потребителю производится из наиболее прогретых верхних слоев бака, **пользование горячей водой возможно и до полного прогрева.**



**Рис. 12.** Схема двухконтурной пассивной СВНУ.

Особенностью этих систем является то, что в случае термосифонной системы нижняя точка бака-аккумулятора также должна располагаться выше верхней точки коллектора и не далее 3–4 м. от коллектора, а при насосной циркуляции теплоносителя расположение бака-аккумулятора может быть произвольным.

## **ДВУХКОНТУРНЫЕ СИСТЕМЫ С АКТИВНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ.**

В системах с принудительной циркуляцией в коллекторный контур включается циркуляционный насос, что дает возможность устанавливать бак-аккумулятор в любой части здания. Направление движения теплоносителя **должно совпадать с направлением естественной циркуляции в коллекторе**. Включение и выключение насоса производится электронным блоком управления, представляющим собой дифференциальное управляющее реле, сравнивающего показания датчиков температуры, установленных на выходе из коллектора и в баке. Насос включается, если температура в коллекторе выше температуры воды в баке. Существуют блоки, позволяющие менять скорость вращения насоса и его подачу, поддерживая постоянную разность температур между коллектором и баком.



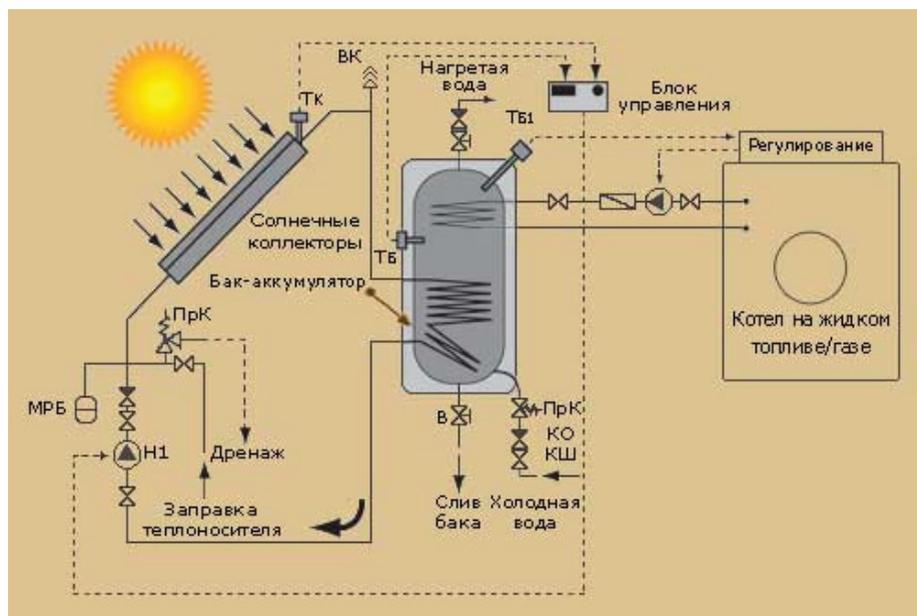
**Рис. 13.** Общий вид СВНУ с плоским коллектором<sup>8</sup>

**Принцип работы солнечной водонагревательной установки с электронным регулятором процесса нагрева (станция управления).**

<sup>8</sup> [http://www.aquamaster.net.ru/tex\\_doc/Stat/Sokol.htm](http://www.aquamaster.net.ru/tex_doc/Stat/Sokol.htm)

Электронный регулятор (рис. 14) сравнивает температуру  $T_k$  на датчике в солнечном коллекторе и датчике  $T_b$  в баке-аккумуляторе, если температура в коллекторе больше температуры в баке-аккумуляторе на 5 градусов, включается насос  $H_1$  станции управления. По солнечному контуру начинает циркулировать нагреваемый в коллекторах теплоноситель (пропилен-гликоль) и отдавать тепло в бак-аккумулятор через теплообменник.

Нагрев будет продолжаться до достижения в баке-аккумуляторе запрограммированной температуры или максимальной, равной  $85^{\circ}\text{C}$ . В насосной станции установлены невозвратные клапаны, что предотвращает самопроизвольное движение нагретого теплоносителя из бака в коллектор в ночное время. Для безопасности работы системы в насосной станции установлен предохранительный клапан на максимальное давление  $6 \text{ кг/см}^2$ .



**Рис. 14.** Схема двухконтурной активной СВНУ с регулятором нагрева.

Система также комплектуется пневматическим мембранным расширительным баком (МРБ) для компенсации перепадов давления при нагреве и остывании теплоносителя. Все оборудование

кроме коллектора монтируется в отдельном помещении, не требует вмешательства и дополнительных регулировок.

В контуре отопления жилого дома используется котел в данном случае на жидком топливе. С помощью СВНУ вода в системе отопления предварительно подогревается до  $25 - 30^{\circ}\text{C}$ . Контроль за процессом подогрева ведется с помощью температурного датчика  $T_{61}$  и своей станции управления (регулятора в контуре отопления). Циркуляцию теплоносителя в системе отопления осуществляет свой циркуляционный насос  $H_2$ . СВНУ обеспечивается всеми необходимыми приборами для слива и заправки воды и теплоносителя в контурах отопления и горячего водоснабжения.

## СОЛНЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИ

Солнечная энергия зимой может легко использоваться для обогрева воздуха. Весной и осенью, когда часто бывает солнечно, но холодно, солнечный обогрев помещений позволит не включать углеводородное отопление. Это дает возможность сэкономить часть энергии для работы всей системы. Для домов, которыми редко пользуются, или для сезонного жилища (дачи, бунгало, кемпинги), обогрев на солнечной энергии особенно полезен зимой, что исключает чрезмерное охлаждение стен, предотвращая разрушение от конденсации влаги и плесени. Таким образом, ежегодные эксплуатационные расходы в основном снижаются. Чтобы согреть дом зимой, не требуется большой поверхности коллектора, но та же установка снабжает дом горячей водой летом, когда дачи и кемпинги в основном и используются.

Для удовлетворения потребности в горячей воде в случае длительного недостатка солнечного света рекомендуется скомбинировать нагревание солнечной энергией с одним из традиционных способов нагревания воды.

Лучше всего, когда перед существующей системой нагрева воды встраивается СВНУ. Это позволяет в максимальной степени использовать энергию Солнца с минимальными затратами на регулирование нагрева воды с сохранением привычного комфорта в снабжении горячей водой (ГВС).

Подогревать воду можно также прямо в баке-аккумуляторе СВНУ. Ко всем предлагаемым типам можно приложить электрический нагреватель с термостатом.

Если дело касается бака-аккумулятора с двумя змеевиками или утепленного резервуара, для подогревания можно использовать котел центрального отопления.

На выходе горячей воды рекомендуется всегда помещать термостатический смесительный вентиль, при помощи которого настраивается максимальная требуемая температура выхода воды. В общественных объектах применение такого вентиля обязательно.

При правильном расчете солнечной системы СВНУ солнечная энергия может послужить и для дополнительного отопления низкотемпературных отопительных систем, особенно в домах с низким расходом энергии. Именно для таких случаев может быть выгодной комбинация с летним нагревом бассейна.

При использовании аккумуляторного бака СВНУ со стратификацией (с предварительным подогревом воды), в котором нагревается или подогревается вода для горячего водоснабжения (ГВС) и отопления, система круглый год эффективно утилизирует солнечную энергию. Применение коллекторов СВНУ позволяет использовать солнечную энергию как добавочное отопление без проблем с ее летними излишками.

### **Комбинированная система теплоснабжения здания**

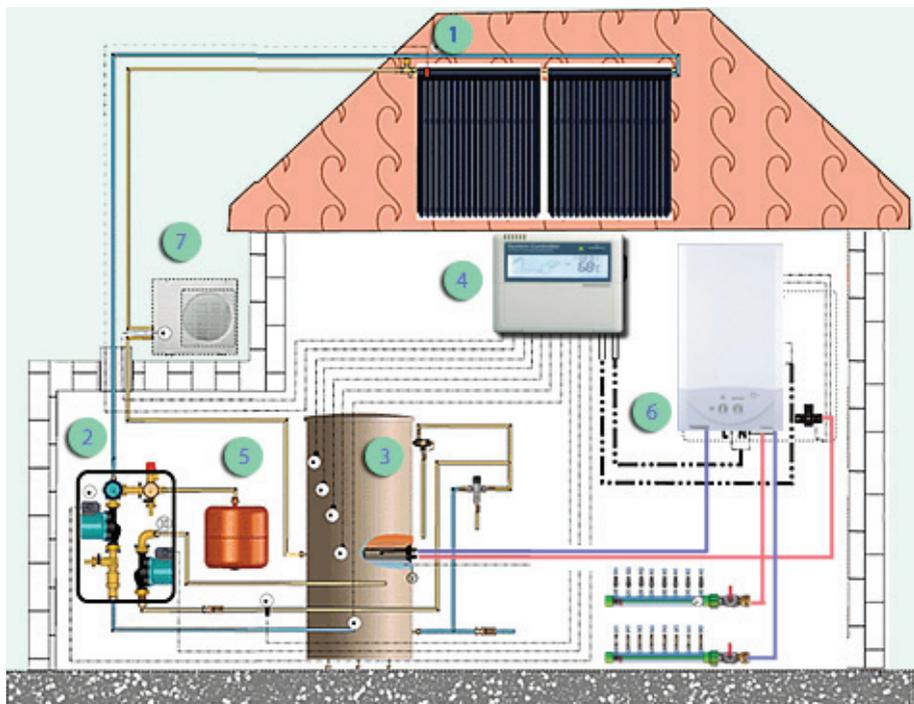
Принцип работы системы следующий: благодаря верхнему расположению плоского коллектора 1 на крыше дома выше уровня бака-аккумулятора 3 горячая вода из 1 в 3 перетекает под гидродинамическим напором циркуляционного насоса (рис. 15).

Перед запуском установки, заполняют холодной водой бак-аккумулятор 3, трубы соединяющие 3 с 1. Затем закрывают все вентили.

В летнее время, начиная с 8. 00 утра, вода начинает нагреваться в 1. Через некоторое время, определяемое температурными датчиками контроллера управления 4, после непрерывного облучения поверхности плоского коллектора и подогрева воды в нем открываются вентили на входе в бак и выходе из него. Подогретая вода из верхней части коллектора 1, поступает в 3, а холодная вода из 3 поступает с помощью насоса станции управления 2 в нижнюю часть коллектора 1. Регулирование процесса осуществляется с помощью контроллера управления системой нагревания воды 4.

В работе системы отопления участвуют отопительный котел 6 и расширительный бак 5. Для предварительного подогрева воды в

системе отопления и горячего водоснабжения участвует тепловой насос 7.



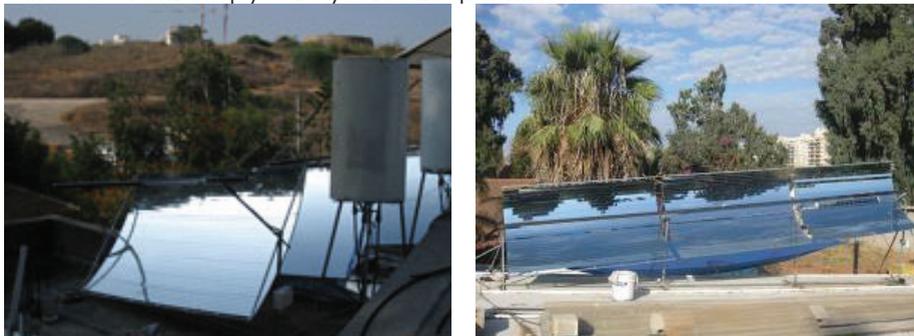
**Рис. 15.** Комбинированная система теплоснабжения:

Процесс циркуляции воды между 3 и 1 продолжается до повышения температуры на входе 3, до  $65\div 80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (в некоторых случаях до  $85\div 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Наряду с коллекторами, для использования солнечного тепла для отопления домов применяются пассивные методы, основанные на оптимизации архитектурно-планировочных решений. Например, «стена Тромба». Кроме того, представляют интерес разработки, так называемой, прозрачной изоляции для стен домов, селективных пленок для окон и др.

## Концентраторы

Фокусирующие коллекторы (концентраторы) используют зеркальные поверхности для концентрации солнечной энергии на поглотителе, который также называется «теплоприемник». Достижимая ими температура значительно выше, чем на плоских коллекторах, однако они могут концентрировать только прямое солнечное излучение, что приводит к плохим показателям в туманную или облачную погоду. Зеркальная поверхность фокусирует солнечный свет, отраженный с большой поверхности, на меньшую поверхность абсорбера, благодаря чему достигается высокая температура. В некоторых моделях солнечное излучение концентрируется в фокусной точке, тогда как в других лучи солнца концентрируются вдоль тонкой фокальной линии. Приемник расположен в фокусной точке или вдоль фокальной линии. Жидкость-теплоноситель проходит через приемник и поглощает тепло. Такие коллекторы-концентраторы наиболее пригодны для регионов с высокой инсоляцией - близко к экватору и в пустынных районах.



**Рис. 16.** Солнечный коллектор с параболическим концентратором

Солнечные концентраторы наиболее эффективно работают при ясном открытом солнце. Поэтому оптическая ось концентратора должна быть направлена строго на диск Солнца. Для этого необходимо поворачивать концентратор вслед за уходящим солнечным диском с помощью специальной системы слежения. Этот поворот концентратора производится по одной координате – с Востока на Запад у одноосных систем слежения; с Востока на Запад – по горизонтали и с Юга на Север по вертикали – у двухосных систем слежения. Системы слежения - очень дорогие устройства.

Поэтому в бытовых системах СВНУ применяются чаще всего одноосные следящие устройства, т.к. они значительно дешевле.

Солнечные концентраторы применяются также в качестве печей для приготовления пищи. Солнечные печи бывают коробочные, воронкообразные, панельные, параболические. Они имеют небольшие размеры. Габариты коробочных печей обычно составляют от 30×30×20 см до 100×100×50 см; параболические печей не превышают 1,5-2 м в диаметре.

Коробочные печи представляют собой утепленный короб с черной металлической поверхностью внутри для нагревания и верхним покровным стеклом для создания парникового эффекта. Такие печи еще называют солнечными духовками, т.к.они работают как обычная духовка на кухне. При этом у этих печей небольшая площадь по сравнению с нагреваемой посудой, чтобы было достаточно для быстрого приготовления пищи. Поэтому коробочные печи нуждаются в дополнительных концентраторах. И все же пища в таких печах готовится достаточно долго от получаса до нескольких часов. Но у них есть главное преимущество – пища при таком томлении сохраняет все свои полезные свойства.



**Рис. 17.** Коробочная солнечная печь для приготовления пищи (солнечная духовка)

Параболические солнечные печи представляют собой круглые параболические концентраторы, установленные на специальную

стойку, которая позволяет менять положение концентратора и направлять его по направлению к солнцу. Внутренняя поверхность концентратора имеет зеркальную поверхность, а в фокусе параболы находится подставка для посуды. В фокусе такого концентратора при ясном солнце температура может достигать более 300 °С. Такая печь позволяет готовить пищу так же быстро, как и на газовой плите.



**Рис. 18.** Параболическая солнечная печь для приготовления пищи

Большинство таких печей можно сделать самостоятельно из доступных материалов и инструментов. В последнее время они появились на нашем рынке от производителей Китая и Кыргызстана. Такие печи в Кыргызстане сегодня становятся востребованными среди чабанов и сельских жителей.

## **СОЛНЕЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА**

Электроэнергию за счет использования солнечной энергии можно получить либо в теплосиловых установках, в которых тепло от сгорания топлива заменяется потоком концентрированного солнечного излучения, либо в установках прямого преобразования энергии, основанных на применении полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП).

Солнечные фотоэлектрические системы (ФЭС) просты в обращении и не имеют движущихся механизмов, однако сами фотоэлементы содержат сложные полупроводниковые устройства, аналогичные используемым для производства интегральных схем. В основе действия фотоэлементов лежит физический принцип, при котором электрический ток возникает под воздействием света между двумя полупроводниками с различными электрическими свойствами, находящимися в контакте друг с другом. Совокупность таких элементов образует фотоэлектрическую панель, либо модуль.

Фотоэлектрические модули, благодаря своим электрическим свойствам, вырабатывают постоянный, а не переменный ток. Он используется во многих простых устройствах, питающихся от батарей. Переменный же ток, напротив, меняет свое направление через регулярные промежутки времени. Именно этот тип электричества поставляют энергопроизводители, он используется для большинства современных приборов и электронных устройств. В простейших системах постоянный ток фотоэлектрических модулей используется напрямую. Там же, где нужен переменный ток, к системе необходимо добавить инвертор, который преобразует постоянный ток в переменный.

Поскольку при использовании фотоэлектрических систем не сжигается топливо и не имеется движущихся частей, они являются бесшумными и чистыми. Эта их особенность чрезвычайно полезна там, где единственной альтернативой для получения освещения и электропитания бытовых помещений и электрооборудования являются дизель-генераторы и керосиновые лампы.

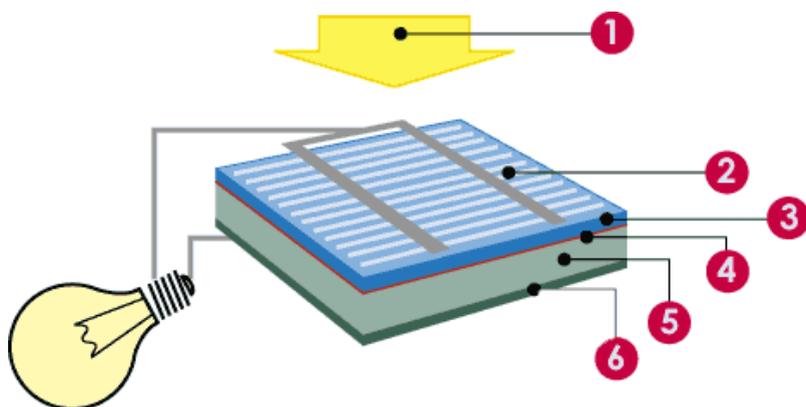
Фотоэлектрическую систему можно довести до любого размера. Владелец такой системы может увеличить либо уменьшить ее, если изменится его потребность в электроэнергии. По мере возрастания энергопотребления и финансовых возможностей, домовладелец может каждые несколько лет добавлять модули. Фермеры могут обеспечивать скот питьевой водой при помощи передвижных насосных систем.

Размещают фотоэлектрические системы обычно близко к потребителю, а значит, линии электропередачи не нужно тянуть на дальние расстояния, как в случае подключения к линиям централизованного электроснабжения. Не нужны трансформаторные подстанции, ЛЭП и сетевое электрооборудование

## ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (ФСЭ)

Преобразование энергии в ФСЭ основано на фотоэлектрическом эффекте (его еще называют фотовольтаическим эффектом или коротко – фотоэффектом) в неоднородных полупроводниковых структурах при воздействии на них солнечного излучения. Характеристики ФСЭ зависят от количества падающего на поверхность элемента солнечного света.

Устройство и принцип действия фотоэлектрического (солнечного) элемента представлены на рисунках 19 и 20.

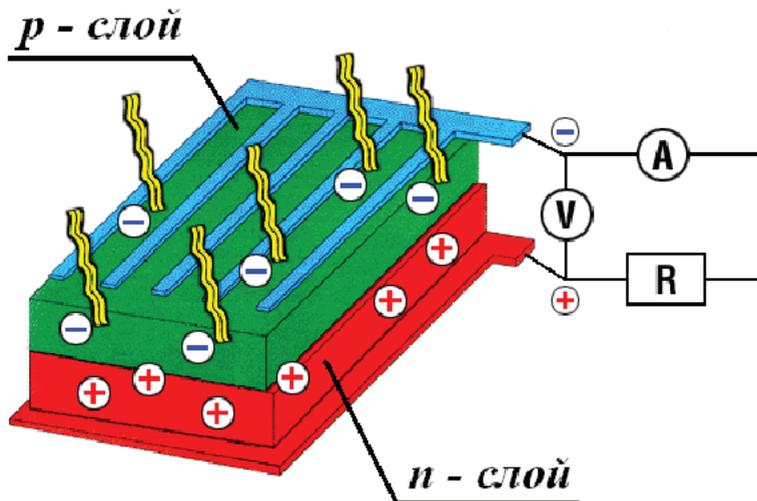


**Рис. 19.** Устройство фотоэлектрического элемента.

1. солнечное излучение (фотоны), 2. фронтальный контакт элемента, 3. негативный (отрицательный) слой элемента,
4. слой p-n перехода, 5. позитивный (положительный) слой элемента,
6. тыльный контакт элемента.

Солнечные элементы (СЭ) изготавливаются из материалов, которые напрямую преобразуют солнечный свет в электричество. Большая часть, из выпускаемых в настоящее время, СЭ изготавливается из кремния (химический символ Si). Кремний это полупроводник. Он широко распространен на земле в виде песка, который является диоксидом кремния ( $\text{SiO}_2$ ), также известного под именем «кварцит». Другая область применения кремния - электроника, где кремний используется для производства полупроводниковых приборов и микросхем.

Фотоэлектрическая генерация энергии обусловлена пространственным разделением положительных и отрицательных носителей заряда при поглощении в полупроводнике электромагнитного излучения.



**Рис. 20.** Принцип действия фотоэлектрического элемента

Солнечный элемент состоит из двух соединенных между собой кремниевых пластинок. Свет, падающий на верхнюю пластинку, выбивает из нее электроны, посылая их на нижнюю пластинку.

Так создается ЭДС элемента. Последовательно соединенные элементы являются источником постоянного тока. Несколько объединенных фотоэлектрических преобразователей представляют собой солнечную батарею.

Пока солнечный элемент освещается, процесс образования свободных электронов продолжается и генерируется электричество. Материалы, из которых делается элемент - это полупроводники с особыми свойствами.

## ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДУЛИ (ФМ)

После того, как солнечные элементы подобраны для работы, их необходимо соединить в солнечный модуль. Обычно серийные элементы снабжены токосъемными сетками, которые предназначены для припайки к ним проводников.

Фотоэлектрический модуль (солнечный модуль) – это батарея взаимосвязанных солнечных элементов, заключенных под стеклянной крышкой<sup>9</sup>.

Чем интенсивнее свет, падающий на фотоэлементы и чем больше их площадь, тем больше вырабатывается электричества и тем больше сила тока. Модули классифицируются по пиковой мощности в ваттах

Один пиковый ватт (1Втп) - техническая характеристика, которая указывает на значение мощности ФЭС в определенных условиях, т.е. когда солнечное излучение в 1 кВт/м<sup>2</sup> падает на элемент при температуре 25 оС. Такая интенсивность достигается при хороших погодных условиях. Чтобы выработать один пиковый ватт, нужен один элемент размером 10 · 10 см = 100см<sup>2</sup>. Более крупные модули, площадью 1 м · 0,4 м = 0,4м<sup>2</sup>, вырабатывают около 40-50 Втп (ватт пиковой мощности)

Однако солнечная освещенность достигает величины 1 кВт/м<sup>2</sup> в середине лета. Более того, на солнце сам модуль нагревается значительно выше номинальной температуры.

Оба эти фактора снижают производительность модуля. В обычных условиях средняя производительность составляет около 6 Вт·ч в день и около 2000 Вт·ч в год на 1 Втп. Известно, что 5 ватт час - это количество энергии, потребляемое 50-ваттной лампочкой в течение 6 минут (50 Вт · 0,1 ч = 5 Вт·ч) или портативным радиоприемником в течение часа (5 Вт · 1 ч = 5 Вт·ч).

Фотоэлектрические модули можно составлять в любой желаемой комбинации. Простейшим ФМ является цепочка из включенных последовательно ФСЭ.



**Рис. 21.** Фотоэлектрические модули

<sup>9</sup> <http://www.solarhome.ru/index.php>

Также используют параллельное включение цепочек, получая так называемое последовательно-параллельное соединение.

Обычно ФМ используются для зарядки аккумуляторных батарей (АБ) с номинальным напряжением 12 В. В этом случае, как правило, они содержат 36 ФСЭ, которые последовательно соединяются и герметизируются посредством ламинации на подложке из закаленного защитного стекла, текстолита или алюминия. ФСЭ при этом находятся между двумя слоями герметизирующей пленки, без воздушного зазора. Это достигается при использовании технологии вакуумной ламинации. Наиболее оптимальным вариантом является использование подложки из стекла, т.к. в этом случае оно может использоваться в качестве оптически прозрачного защитного элемента. Однако в случае воздушной прослойки между защитным стеклом и ФСЭ, потери на отражение и поглощение могут достигать 20-30 % по сравнению с 12 % - без воздушной прослойки.

Солнечные модули могут генерировать электричество в течение 20 и более лет. Износ происходит в основном от воздействия окружающей среды. Хорошо смонтированная солнечная батарея будет надежным, тихим и чистым источником энергии в течение многих лет.

### **Фотоэлектрические системы**

Фотоэлектрическая система (ФЭС) представляет собой набор фотоэлектрических модулей и дополнительной аппаратуры, предназначенный для системы электроснабжения.

Система электроснабжения автономного потребителя на базе фотоэлектрической солнечной батареи состоит из следующих компонентов (рис. 22) <sup>10</sup>:

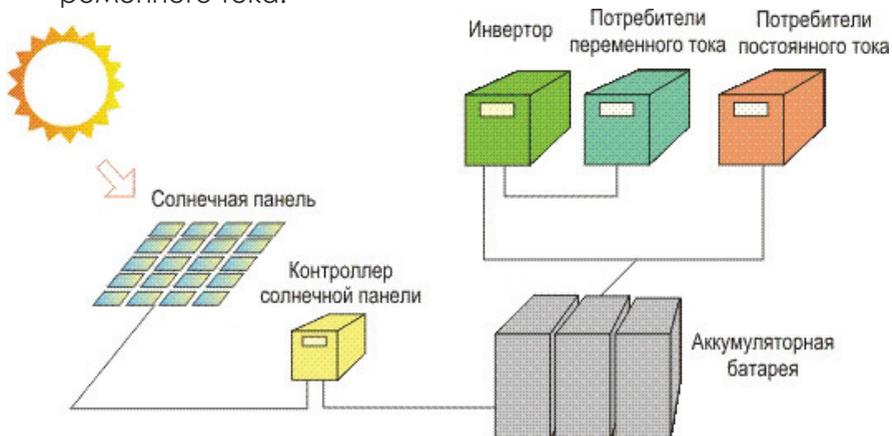
- солнечная панель (или солнечная батарея) необходимой мощности (набор фотомодулей) – преобразуют энергию солнца в электрическую;
- контроллер заряда аккумуляторной батареи, который регулирует заряд аккумуляторов и предотвращает губительный для батареи глубокий разряд и перезаряд, продлевая срок ее службы;
- батарея аккумуляторов (АБ) – накапливает и сохраняет, вырабатываемую модулями в течение дня электроэнергию для дальнейшей её отдачи в нужный момент;

---

<sup>10</sup>

<http://www.elin.ru/files/pdf/iBDL/pres-rus.pdf>

- инвертор – преобразует постоянный ток в переменный с напряжением 220 В и чистым “синусоидальным” сигналом на выходе. Должен иметь все виды защиты (от короткого замыкания, перегрузки, перегрева и др.);
- энергоэффективная нагрузка – потребители постоянного и переменного тока.



**Рис. 22.** Общая схема построения солнечной ФЭС в качестве аккумуляторно-инверторного источника питания 220 В.

Для того, чтобы фотоэлектрические модули были надежным источником электроэнергии, необходимы дополнительные элементы в системе: кабели, поддерживающая структура и, в зависимости от типа системы (соединенная с сетью, автономная или резервная), еще и электронный инвертор, и контроллер заряда с аккумуляторной батареей. Такая система в целом называется солнечной фотоэлектрической системой, или солнечной станцией.

Есть три основных типа солнечных фотоэлектрических систем<sup>11</sup>:

**Автономные системы**, (рис. 23) обычно применяемые для электроснабжения отдельных потребителей;

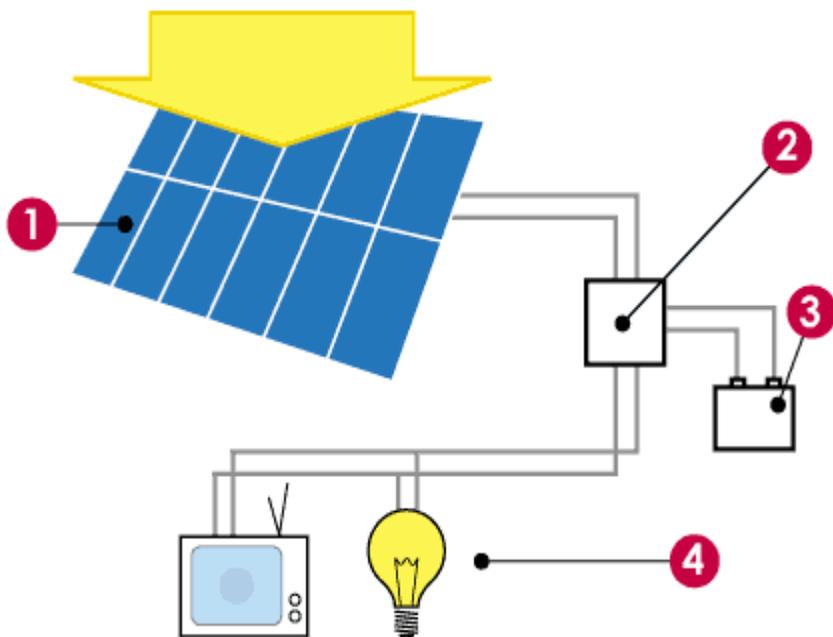
**Системы, соединенные с сетью** (рис. 24);

**Резервные системы** (рис. 25).

<sup>11</sup> <http://www.solarhome.ru/basics/pv/techsys.htm>

### **Автономные фотоэлектрические системы (АФС)**

Автономные фотоэлектрические системы используются там, где нет сетей централизованного электроснабжения. Для обеспечения энергией в темное время суток или в периоды без яркого солнечного света необходима аккумуляторная батарея. АФС часто используются для электроснабжения отдельных потребителей. Малые системы позволяют питать базовую нагрузку (освещение и иногда телевизор или приборы). Более мощные системы могут также питать водяной насос, радиостанцию, холодильник, электроинструмент и т.п.

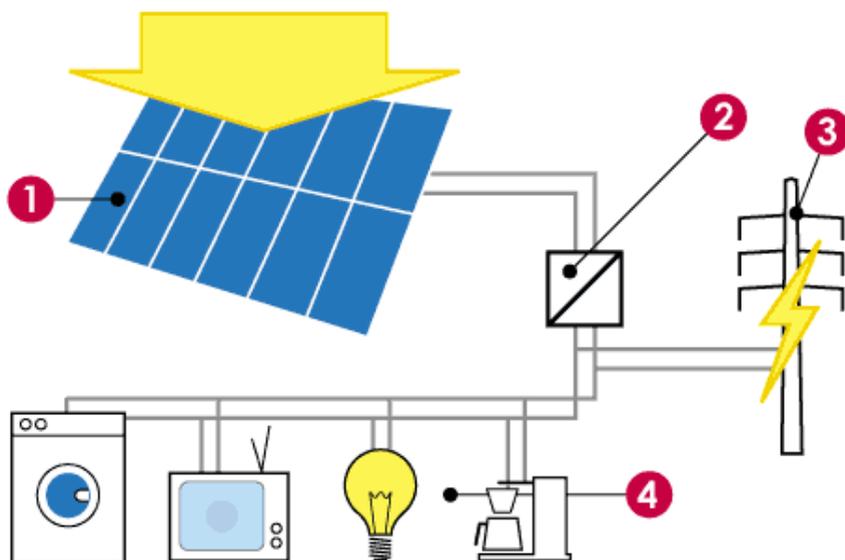


**Рис. 23.** Автономная фотоэлектрическая система.

1. солнечные панели, 2. контроллер
3. аккумуляторная батарея (АБ), 4. нагрузка.

Система состоит из солнечной панели, контроллера, аккумуляторной батареи, кабелей, электрической нагрузки и поддерживающей структуры.

## Фотоэлектрические системы, соединенные с электросетью.



**Рис. 24.** Фотоэлектрическая система,  
соединенная с электросетью.

1.солнечные панели, 2.инвертор, 3.сеть, 4.нагрузка.

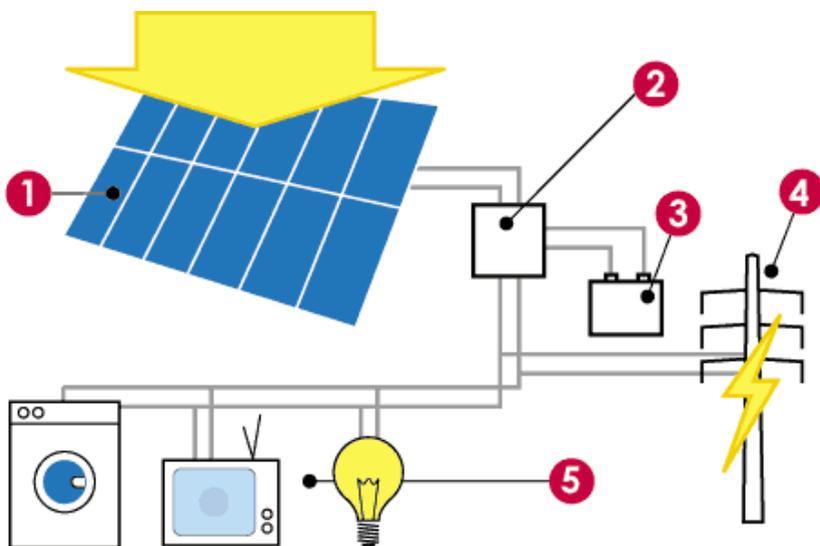
Когда есть сеть централизованного электроснабжения, но есть желание иметь электроэнергию от чистого источника (солнца), солнечные панели могут быть соединены с сетью. При условии подключения достаточного количества фотоэлектрических модулей, определенная часть нагрузки в доме может питаться от солнечного электричества. Соединенные с сетью фотоэлектрические системы обычно состоят из одного или многих модулей, инвертора, кабелей, поддерживающей структуры и электрической нагрузки.

Инвертор используется для соединения фотоэлектрических панелей с сетью. Существуют также так называемые АС-модули, в которых инвертор встроен на задней части модуля. Солнечные панели могут быть установлены на крыше здания под оптимальным углом наклона с помощью поддерживающей структуры или алюминиевой рамы. Простые системы с АС-модулями и заводскими поддерживающими структурами выпускаются все в более крупных масштабах.

### **Резервные фотоэлектрические системы.**

Резервные солнечные системы используются там, где есть соединение с сетью централизованного электроснабжения, но сеть ненадежна, в связи с частыми веерными отключениями.

Резервные системы могут использоваться для электроснабжения в периоды, когда нет напряжения в сети. Малые резервные солнечные системы электроснабжения наиболее важной нагрузки - освещение, компьютер и средства связи (телефон, радио, факс и т.п.). Более крупные системы могут также снабжать энергией и холодильник во время отключения сети. Чем больше мощность необходимая для питания ответственной нагрузки, и чем дольше периоды отключения сети, тем большая мощность фотоэлектрической системы необходима.



**Рис. 25.** Резервная фотоэлектрическая система.

1.солнечные панели, 2.инвертор, 3.батарея  
4.сеть, 5.нагрузка.

Система состоит из фотоэлектрических модулей, контроллера, аккумуляторной батареи, кабелей, инвертора, нагрузки и поддерживающей структуры.

## Примеры использования солнечных установок в Кыргызской Республике



**Рис. 26.** Вакуумная солнечная водонагревательная установка на 100 л. (справа) для ГВС столовой. Фотоэлектрическая станция мощностью 2 кВт (слева) для электроснабжения здания школы; площадь фотомодулей 12 м<sup>2</sup>.

Иссык-Кульская обл., Тонский район, школа села Кок-Мойнок 2.

Солнечные системы установлены в рамках программы ПРООН «Охрана окружающей среды для устойчивого развития».

Производство – Китай.

Поставку и монтаж оборудования произвел магазин «220.kg» – Кыргызстан.



**Рис. 27.** Вакуумный солнечный водонагревательный коллектор площадью 16 м<sup>2</sup> (8 коллекторов) с общей емкостью баков-накопителей 1200 л (4 бака) для ГВС гостиницы.

г. Бишкек, гостиница Holi Day.

Производство – Китай.

Поставку и монтаж оборудования произвела компания «Климат технолоджи» – Кыргызстан.



**Рис. 28.** Компактная фотоэлектрическая станция мощностью 100 Вт.

Суусамырский район, с. Кожомкул.

Солнечные станции были переданы чабанам с. Кожомкул в рамках проекта ГЭФ/ПРООН «Демонстрация устойчивого управления горными пастбищами Суусамырской долины».

В комплект входит фотомодуль (мощность 60 Вт, площадь 0,5 м<sup>2</sup>), аккумуляторная батарея на 12 В емкостью 100 А·ч, инвертер на 12/220 В (преобразователь тока) мощностью 200 Вт, контроллер заряда, переносной фонарь с лампой на 100 Вт.

Производство – Китай.

Поставку оборудования произвела компания «Климат технолоджи» – Кыргызстан.



**Рис. 29.** Параболическая солнечная печь для приготовления пищи Ø 1,8 м.

г. Бишкек, производственная база ОФ «Флюид».  
Производство – ОФ «Флюид» – Кыргызстан.



**Рис. 30.** Дом с теплицей, пристроенной к южной стороне дома, которая действует в качестве системы отопления дома.

Иссык-Кульская обл., с. Григорьевка.

Система отопления выполнена по принципу солнечной системы **Вагнера с пассивным использованием солнечной энергии.** Позво-

ляют обогревать в зимнее время южные комнаты дома. Теплица выполнена из стеклопакета.

Монтаж системы выполнен самостоятельно хозяином дома.



**Рис. 31.** Здание гостиницы для туристов с системой пассивного отопления. Зимой солнце нагревает комнату гостиницы (слева), летом козырек защищает комнаты от попадания солнца (справа).

Иссык-Кульская обл., с. Ак-Суу.

Система отопления позволяет обогревать в зимнее время комнаты гостиницы без дополнительного отопления. Здание ориентировано на юг. На южной стороне здания расположены большие пластиковые окна с двойным остеклением, через которые зимой в каждую комнату поступает солнечная энергия. Освещаемые солнцем поверхности внутри комнат поглощают солнечную энергию, и нагреваются, вследствие чего нагревается воздух в помещениях и сохраняется тепло на темное время суток. Для защиты от избыточного тепла в летнее время на южной стороне здания установлен широкий козырек, который затеняет все окна от солнца.

Проектирование и строительство здания произведено ОФ «СЕЕ-ВА» – Кыргызстан.

### **Приблизительный расчет окупаемости гелиоустановок для ГВС, отопления и электроснабжения**

В самом общем случае окупаемость гелиоустановок определяется по формуле<sup>12</sup>:

$$T = S_c / (Q C_T)$$

где

$S_c$  - удельная стоимость гелиоустановки, сом/м<sup>2</sup>.

$Q$  - годовое количество теплоты, выработанное гелиоустановкой, Гкал/м<sup>2</sup> или кВт·ч/м<sup>2</sup>.

$C_T$  - стоимость теплоты от традиционного энергоисточника, сом/Гкал или сом/кВт·ч

Для расчета берется плоский биметаллический коллектор СВНУ 150 (латунь/сталь), выпускаемый Кыргызавтомаш, площадь коллектора 1,6 м<sup>2</sup>, для которого имеются все технические данные, подтвержденные испытаниями.

Расчет месячной тепловой нагрузки производился по солнечной радиации в марте месяце в точке установки коллектора на 43° северной широты (г. Бишкек) по методике, приведенной в литературе<sup>13</sup>. Технические данные коллектора СВНУ 150 взяты из отчета об испытании солнечных коллекторов, выполненными ДП «КУН»<sup>14</sup>.

Стоимость 1 м<sup>2</sup> солнечного коллектора вместе с комплектующими материалами и монтажно-наладочными работами составляет 10800 сом=230 \$ ( $S_c$ ).

Стоимость 1 Вт установленной мощности фотоэлектрической станции в комплекте (солнечная панель, аккумулятор, контроллер заряда, аккумулятор и комплектующие материалы) вместе с монтажно-наладочными работами составляет 235 сом или 5 \$ ( $S_c$ ).

Стоимость электроэнергии для физических лиц составляет 0,7 сом/кВт ч (СТ)

<sup>12</sup> Бутузов В.А., Лычагин А. А. Гелиоустановки горячего водоснабжения: расчеты, конструкции солнечных коллекторов, экономическая и энергетическая целесообразность // <http://www.solarhome.ru>

<sup>13</sup> Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоиздат, 1991. – 208 с.

<sup>14</sup> Отчет об испытании солнечных коллекторов с цельным биметаллическим и латунным трубчатым абсорберами // ДП «КУН». – Бишкек, 1996

Стоимость электроэнергии для юридических лиц составляет 1,5 сом/кВт·ч (СТ)

### **Горячее водоснабжение**

*Исходные данные:*

Площадь солнечного коллектора  $A=4,2 \text{ м}^2$  (3 коллектора).

КПД коллектора – 0,85

Емкость баков-накопителя – 400 л.

Потребность в горячей воде: 4 чел. · 70 л г.в./сут. = 280 л горячей воды в сутки.

$Q_{\text{ГВС}}=8930 \text{ кВт ч/год}$  – требуемое количество тепловой энергии для ГВС в течение 1 года.

Гелиоустановка обеспечивает 85% требуемой тепловой энергии на ГВС.

*Расчёт окупаемости гелиоустановки:*

Т.к. замещение энергоснабжения за счет гелиоустановки составляет 85%, тогда:

$$Q_{\text{ГВС}}=8930 \text{ кВт ч/год} \cdot 0,85 = 7590,5 \text{ кВт ч/год, или } 1807 \text{ кВт ч/ (м}^2\cdot\text{год)}$$

$T = 10800 \text{ сом/м}^2 / (1807 \text{ кВт ч/ (м}^2\cdot\text{год)} \cdot 0,7 \text{ сом/кВт ч}) = 8,5 \text{ лет}$  (для физических лиц)

$T = 10800 \text{ сом/м}^2 / (1807 \text{ кВт ч/ (м}^2\cdot\text{год)} \cdot 1,5 \text{ сом/кВт ч}) = 4 \text{ года}$  (для юридических лиц)

### **Отопление**

*Исходные данные:*

Площадь солнечного коллектора  $A=43 \text{ м}^2$  (27 коллекторов).

КПД коллектора – 0,85

Емкость баков-накопителя – 4300 л.

Отапливаемая площадь – 100 м<sup>2</sup>.

Отопительный период – 183 сут.

$Q_{\text{отопления}}=26706 \text{ кВт ч/год}$  – требуемое количество тепловой энергии для отопления в течение 1 года (отопительного периода).

Гелиоустановка обеспечивает 40% требуемой тепловой энергии на отопление.

Расчёт окупаемости гелиоустановки:

Т.к. замещение энергоснабжения за счет гелиоустановки составляет 40%, тогда:

$$Q_{\text{отопления}} = 26706 \text{ кВт ч/год} \cdot 0,4 = 10682 \text{ кВт ч/год, или } 248 \text{ кВт ч/ (м}^2 \cdot \text{год)}$$

$T = 10800 \text{ сом/м}^2 / (248 \text{ кВт ч/ (м}^2 \cdot \text{год)}) \cdot 0,7 \text{ сом/кВт ч} = 62,2 \text{ года}$   
(для физических лиц)

$T = 10800 \text{ сом/м}^2 / (248 \text{ кВт ч/ (м}^2 \cdot \text{год)}) \cdot 1,5 \text{ сом/кВт ч} = 29 \text{ лет}$  (для юридических лиц)

### Фотоэлектрические станции

Исходные данные:

ФЭС установленной мощностью 1000 Вт

Площадь солнечных панелей  $A = 10 \text{ м}^2$  (100 Вт/м<sup>2</sup>).

КПД ФЭС – 18%

Аккумуляторы емкостью 1200 А·ч – 6 шт. по 200 А·ч

Инвертер с контроллером заряда мощностью 1500 Вт

$Q_{\text{эл.}} = 2920 \text{ кВт ч/год}$  – требуемое обеспечение у потребителя электрической нагрузки в течение 1 года.

Расчёт окупаемости гелиоустановки:

$T_{\text{ФЭС}} = 235000 \text{ сом/кВт} / (2920 \text{ кВт ч/год} \cdot 0,7 \text{ сом/кВт ч}) = 115 \text{ лет}$  (для физических лиц)

$T_{\text{ФЭС}} = 235000 \text{ сом/кВт} / (2920 \text{ кВт ч/год} \cdot 1,5 \text{ сом/кВт ч}) = 53,6 \text{ года}$   
(для юридических лиц)

При газовом отоплении и ГВС окупаемость системы с СВНУ уже сегодня имеет реальный смысл, т.к. стоимость природного газа составляет 14,8 сом/ м<sup>3</sup> (C<sub>T</sub>).

1 м<sup>3</sup> природного газа при переводе на кВт ч выдает 11,2 кВт ч тепловой энергии, тогда:

$$Q_{\text{ГВС}} = 1807 \text{ кВт ч/ (м}^2 \cdot \text{год)} / 11,2 \text{ кВт ч} = 161,3 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год)}$$

$$Q_{\text{отопления}} = 248 \text{ кВт ч/ (м}^2 \cdot \text{год)} / 11,2 \text{ кВт ч} = 22,1 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год)}$$

В этом случае окупаемость СВНУ составляет:

$$T_{\text{ГВС}} = 10800 \text{ сом/м}^2 / (161,3 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год)}) \cdot 14,8 \text{ сом/ м}^3 = 4,5 \text{ года}$$

$T_{\text{отопления}} = 10800 \text{ сом/м}^2 / (22,1 \text{ кВт ч/ (м}^2 \cdot \text{год)}) \cdot 14,8 \text{ сом/кВт ч} = 33 \text{ года}$

В результате можно сделать вывод, что наиболее рентабельным для нашей Республики является использование солнечной энергии для горячего водоснабжения. В настоящее время стоимость вакуумных солнечных водонагревательных коллекторов значительно ниже металлических, а КПД несколько не уступает металлическим коллекторам. Поэтому срок их окупаемости будет короче.

В ближайшее время в Кыргызстане планируется поэтапное повышение тарифов на электроэнергию. В этом случае окупаемость СВНУ получит практический смысл.

При газовом отоплении и ГВС уже сегодня системы с СВНУ имеют реальные сроки окупаемости, т.к. стоимость природного газа составляет 14,8 сом/ м<sup>3</sup> (СТ).

Основная проблема солнечной энергетики связана с тем, что энергия нужна в основном зимой, когда количество солнечной радиации небольшое, и, напротив, большая часть летнего потенциала не используется по причине отсутствия спроса.

Самый важный урок, извлеченный из опыта устройства отопительных систем, таков: нужно, прежде всего, вкладывать средства в энергосбережение и пассивный солнечный дизайн, а затем использовать солнечную энергию для восполнения недостающего количества энергии для отопления помещений.

Использование ФЭС и солнечного отопления представляется наиболее целесообразным для резервного или автономного энергоснабжения зданий во время веерных отключений электричества, а также в отдаленных регионах страны, отрезанных от системы электропередач и путей подвоза топлива.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Володин В., Хазановский П.»Энергия, век двадцать первый».
2. Вялов М.И., Казаджан Б.И. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения. М 1991
3. Голицын М.В. Альтернативные энергоносители. М. 2004.
4. ГОСТ Р515956-2000. «Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Коллекторы солнечные. Общие ТУ.
5. Даффи Дш., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии: перевод с английского / Под редакцией Ю. Н., Малевского/Издательство «Мир», М, 1977, 470
6. Ольховский А.Г., Худыкин А.М. РНЦ «Курчатовский институт». альтернативные источники электропитания, необходимые для замены, выводимых из эксплуатации РИТЭГов / <http://www.elin.ru/files/pdf/iBDL/pres-rus.pdf>
7. Пантелеев В.П., Аккозиев И.А., Галанина И.И. Энергообеспечение жилищного комплекса от альтернативных источников энергии. КРСУ. 2009.
8. СНиП 2. 01. 01. -82 «Строительная климатология и геофизика» М. Стройиздат. 1983 г.
9. Харченко Н. В. Индивидуальные солнечные установки. Издательство «Энергоатомиздат», М, 1991, 208 с.
10. Н. В. Харченко, В. А. Никифоров. Системы гелиотеплоснабжения и методики их расчёта. Издательство «Знание», К, 1982, 240с.
11. <http://www.aquamaster.net.ru/>
12. <http://www.altalgroup.com/service1.htm> Солнечные водонагревательные установки.
13. <http://eko.112s.ru/>
14. [www.enprom.ru](http://www.enprom.ru) [www.energoprom.biz](http://www.energoprom.biz)
15. <http://resourceofsun.blogspot.com>
16. <http://www.rosteplo.ru>
17. <http://www.school.bakai.ru/http://utem.org.ua>
18. <http://www.solarhome.ru>

