

## Лекция № 7

# «Солнечная энергетика»

# Содержание

- **Классификация солнечных установок (СУ) и их особенности.**
- **Основные технические схемы СУ и их характеристики.**
- **Экономика и социально-экологические аспекты СЭ.**

# Классификация СУ

1. По виду преобразования СИ в другие виды энергии	<ul style="list-style-type: none"><li>- В тепловую энергию</li><li>- В механическую энергию</li><li>- В электроэнергию</li><li>- Участие в биологических и химических процессах</li></ul>
2. По месту размещения	<ul style="list-style-type: none"><li>- Наземные</li><li>- Космические</li></ul>
3. По стационарности	<ul style="list-style-type: none"><li>- Переносные</li><li>- Передвижные</li><li>- Стационарные</li></ul>
4. По виду ориентации на Солнце	<ul style="list-style-type: none"><li>- С постоянной ориентацией</li><li>- С системой слежения за Солнцем</li></ul>

# Солнечные энергетические установки коммунально-бытового назначения

- Относительно классификации: СИ используется для тепловой энергии, автономный потребитель, размещение на Земле, с постоянной ориентацией на Солнце, простые, по стационарности: передвижные, переносные и стационарные. Наибольшее распространение получили плоские солнечные коллекторы (используются все три составляющие СИ).
- Основным элементом солнечной нагревательной системы является *приемник*

# Солнечные энергетические установки коммунально-бытового назначения

(Продолжение)



а)

б)

в)

г)

д)

- а) открытый резервуар на поверхности Земли;
- б) открытый резервуар поднятый над Землей;
- в) черный резервуар на крыше здания;
- г) черный резервуар изолированный от контакта с Землей или крышей;
- д) черный резервуар в контейнере со стеклянной крышкой.

# Солнечные энергетические установки коммунально-бытового назначения

(Продолжение)

В целом в подобных простейших нагревателях воды удастся достигать температуры до  $40^{\circ}\div 50^{\circ}$  С, что вполне комфортно для бытовых условий и достижимо за весьма небольшой промежуток времени.

- Достоинства: дешевы и можно изготавливать из подручных средств
- Недостатки: большие потери тепла, можно использовать в отдельные периоды времени

# Плоские солнечные коллекторы (СК)

- Состоят из стеклянного или пластикового покрытия (одинарного, двойного, тройного), тепловоспринимающей поверхности, окрашенной со стороны к солнцу в черный цвет и изоляции на обратной стороне и корпуса.
- В нижней части СК расположен теплоприемник – абсорбирующая поверхность с коэффициентом поглощения СИ до 90%, при поглощении СИ даже без стекла она нагревается от  $50^{\circ}\text{C}$  до  $80^{\circ}\text{C}$ .
- Для защиты от ветра тепловоспринимающую поверхность помещают в контейнер.
- *Производительность:* В средней полосе Европы в летний период производительность таких СК может достигать 50-60 литров воды, нагретой до  $60^{\circ}\text{C}$  -  $70^{\circ}\text{C}$  с каждого квадратного метра в день.

# Плоские солнечные коллекторы

(Продолжение)



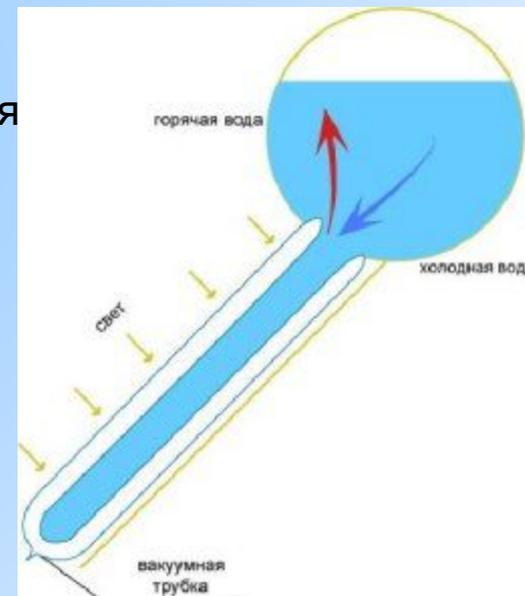
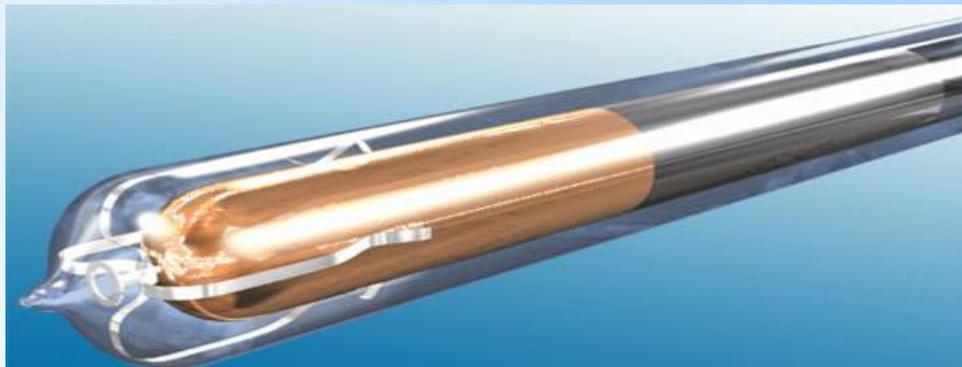
Коэффициент поглощения солнечной энергии коллектором достигает 98%, но из-за потерь КПД ниже и составляет от 50

# Особенности плоских солнечных коллекторов

1. Эффективность солнечного коллектора может быть увеличена примерно на 20% при использовании на теплоприемной поверхности селективно поглощающих покрытий, которые обладают свойством хорошо поглощать видимую часть солнечного спектра и практически не излучать в инфракрасной области спектра.
2. При заданной величине СИ эффективность процесса преобразования СИ в тепло будет зависеть от четырех КПД всех основных элементов СК, т.е. от коэффициента пропускания СИ через светопрозрачное покрытие; КПД теплопоглощающего материала абсорбера; КПД теплоизоляции и КПД корпуса СК.
3. Неравномерность загрузки в течение суток и года.
4. В средних широтах требуют больших баков

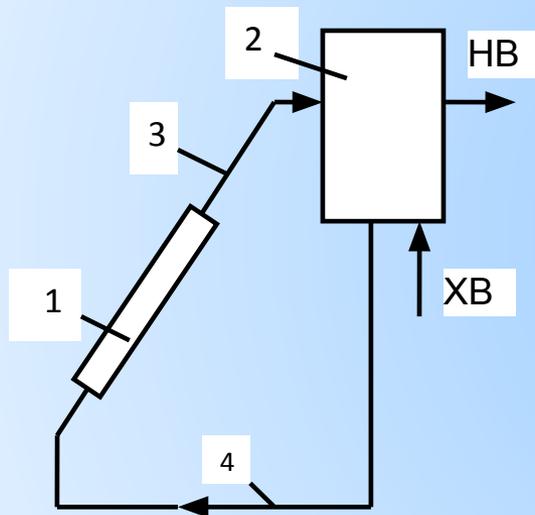
# Особенности вакуумных солнечных коллекторов

1. Так как полный коэффициент потерь в вакуумном коллекторе мал (меньше 3%), теплоноситель в нем можно нагреть до температур 100-260°C в зависимости от типа вакуумной тепловой трубки.
  2. Благодаря отличной теплоизоляции вакуумные солнечные коллекторы работают очень эффективно при любых температурах окружающей среды. Преимущество вакуумных коллекторов перед плоскими наиболее очевидно при большей разнице температур теплоносителя в коллекторе и окружающей среды.
- Удобство монтажа вакуумных коллекторов:
  - Коллектор поднимается и монтируется по частям.
  - Монтаж трубопроводов и проверка системы проводится до установки вакуумных трубок.
  - Монтаж или замена отдельного элемента не влияет на работу системы в целом.
  - В качестве теплоносителя может быть использована вода и высокотемпературный теплоноситель.



# АКТИВНЫЕ И ПАССИВНЫЕ СИСТЕМЫ для подогрева воды с ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

## 1. Пассивные системы – с естественной циркуляцией ВОДЫ

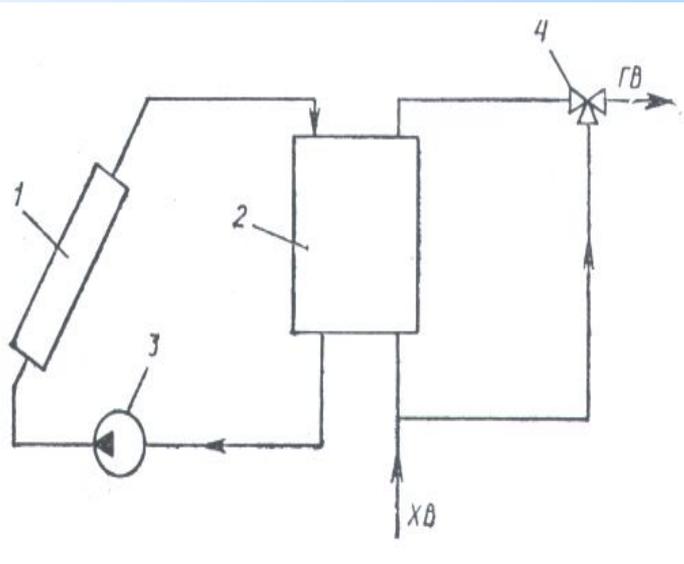


- 1 – СК;
- 2 – бак-накопитель нагретой воды (НВ);
- 3 – отводящая труба;
- 4 – подводящая труба холодной воды (ХВ)

Так как плотность воды в верхней части СК меньше, чем внизу, следовательно в системе возникает разность давлений ( $\Delta\rho$ , в Па), которая вызывает естественную циркуляцию воды в СУ.

# АКТИВНЫЕ И ПАССИВНЫЕ СИСТЕМЫ для подогрева воды с ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

## 2. Активные системы – с принудительной циркуляцией



Одноконтурная схема:

1 – солнечный коллектор;

2 бак-аккумулятор;

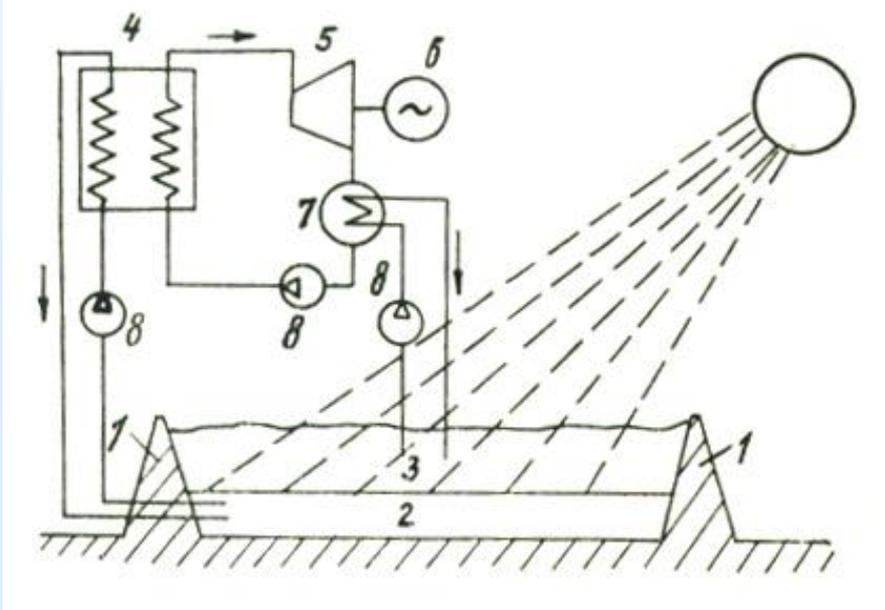
3 – насос;

4 – клапан; ХВ и ГВ – холодная и горячая вода.

Их основное отличие от пассивных схем заключается в наличии в них насоса для принудительной подачи холодной воды в СК и далее в бак-аккумулятор.

СК целесообразно покрывать не более 80% всей потребности в горячей воде, поэтому в подобных СУ обычно включается система дополнительного подогрева воды (ДПВ) (например, электроподогрев или топливный котел).

# Солнечные пруды



Электростанция с солнечным прудом:

- 1- дамбы;
- 2 – горячая вода с высокой концентрацией соли;
- 3 – охлажденная вода;
- 4 – теплообменник;
- 5 – турбина; 6 – генератор;
- 7 – конденсатор;
- 8 - насосы

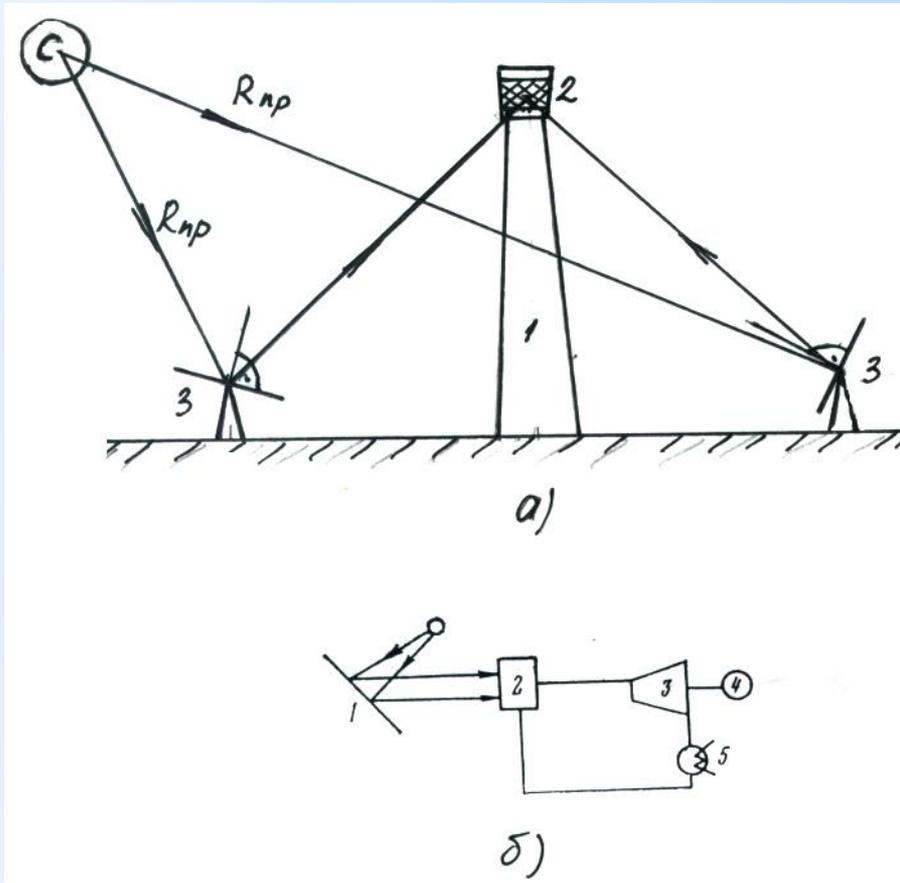
1. В замкнутый водоем или пруд наливают несколько слоев жидкости с разной концентрацией солей (концентрация солей минимальная – в верхних слоях, максимальная – в нижних), то при освещении этого пруда СИ нижние слои будут нагреваться значительно до более высокой температуры, чем верхние.
2. В зависимости от конструктивных особенностей солнечного пруда и состава раствора солей, в нижних слоях солнечного пруда можно получить горячую жидкость с температурой 60-90<sup>0</sup> С
3. Растворы солей в разных слоях жидкости в солнечном пруде должны быть подобраны так, чтобы избежать естественной конвекции.

# Башенные солнечные электростанции (БСЭС)



1. В основе БСЭС лежит широко известный термодинамический цикл обычной ТЭС, где вместо парового котла, нагреваемого за счет сжигания органического топлива (газ, нефть, уголь, торф и т.д.) используется аналогичный котел с разными жидкими или парообразными теплоносителями, нагреваемыми за счет СИ.
2. Приемник СИ (котел) размещается высоко над Землей на башне (отсюда и название СУ – башенные), на который концентрируется СИ с помощью множества автоматически управляемых зеркальных отражателей (гелиостатов). (КПД БСЭС ~17%)

# Башенные солнечные электростанции (БСЭС)



а) Основные сооружения БСЭС:

- 1 – башня,
- 2 – котел-теплоприемник СИ,
- 3 – гелиостаты;

б) Принципиальная схема преобразования солнечной энергии в электрическую:

- 1 – гелиостаты,
- 2 – котел,
- 3 – турбина,
- 4 – генератор,
- 5 – конденсатор

Мощность БСЭС во многом определяется высотой башни с котлом – приемником СИ. В этом случае высокая башня исключает эффект взаимного затенения гелиостатов. Для мощности БСЭС в  $50 \div 100$  МВт требуется башня высотой  $200 \div 300$  м с используемой площадью полей гелиостатов в  $2 \div 3$  км<sup>2</sup> (около  $15 \div 25$  тысяч).

# БСЭС, построенные в конце XX века в мире

БСЭС	Место расположения	Страна	Пуск в эксплуатацию	N (МВт) электрическая	Тепло носитель
SSPS	Алькерия	Испания	1981	0,5	жидкий натрий
EURELIOS	Сицилия	Италия	1981	1,0	водяной пар
SUNSHINE		Япония	1981	1,0	-
CESA-1	Алькерия	Испания	1983	1,0	-
THEMIS	Targasonne	Франция	1982	2-2,5	расплав солей
Solar One	Барстоу	США	1982	10	водяной пар
Solar Two	-	-	1999	10	жидкий натрий
СЭС-5	Крым	СССР	1986	5,0	водяной пар

# Концентраторы СИ

**Концентраторы СИ** - это оптические системы направляющие поток СИ на приемник.

Особенности использования концентраторов:

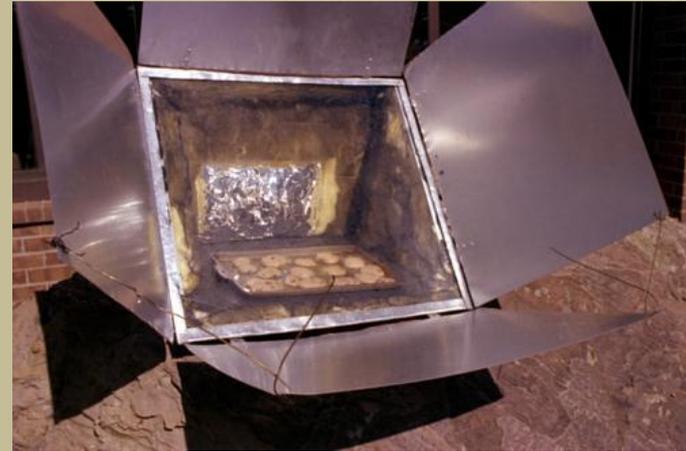
1. Концентраторы необходимо непрерывно ориентировать на Солнце.
2. Высокая стоимость конструкции.
3. Необходима постоянная очистка поверхности.
4. Способны нагревать теплоноситель до высоких температур.

# Концентраторы СИ

1. Линзы Френеля



2. Плоские отражательные поверхности



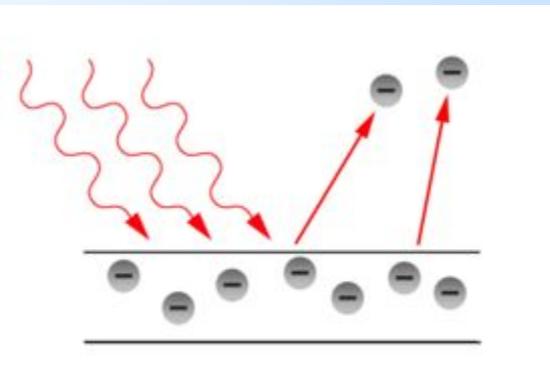
3. Параболические  
концентраторы



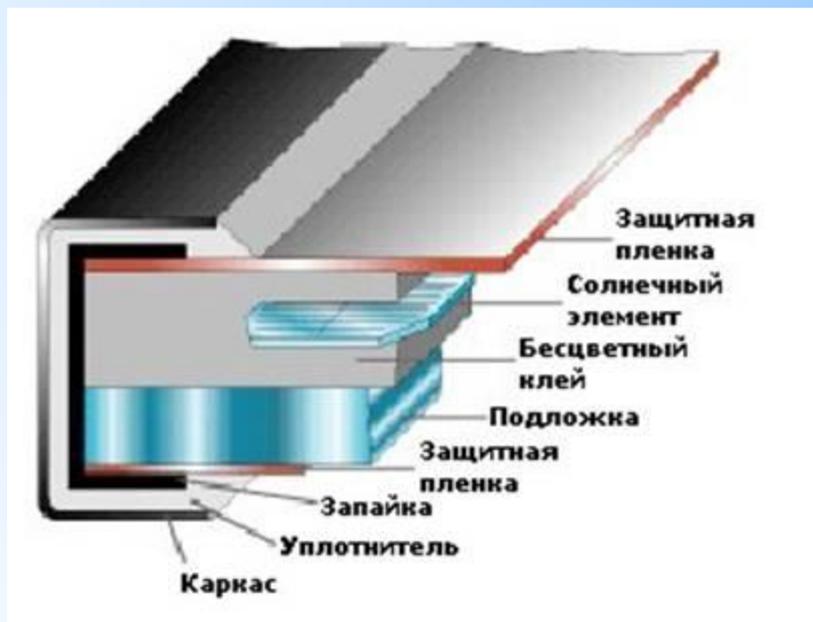
4. Параболо-цилиндрические



# Фотоэлектрические преобразователи



В солнечных фотоэлектрических установках (СФЭУ) используется явление фотоэффекта – под действием падающего света в солнечном элементе происходит перераспределение зарядов и возникает ЭДС.



# Фотоэлектрические преобразователи

Определение выработки электрической энергии с помощью СФЭУ проводится по формуле :

$$\mathcal{E}_{\text{сфэм}i}^{\Sigma} = n \cdot \mathcal{E}_{\Sigma i}^{\beta\gamma} \cdot S_{\text{сфэм}} \cdot \eta_{\Sigma}^{\text{сфэм}}$$

где  $n$  – количество СФЭМ,  $S_{\text{сфэм}}$  – площадь СФЭМ,  $\eta_{\Sigma}^{\text{сфэм}}$  – КПД СФЭМ, определяется по формуле :

$$\eta_{\Sigma}^{\text{сфэм}} = \tau \cdot K_{\text{зап}} \cdot \eta_{\Delta N} \cdot \eta_{\Delta U} \cdot \eta_{\text{сфэм}}$$

где  $\tau$  – коэффициент прозрачности защитного покрытия, 0.85;  $K_{\text{зап}}$  – коэффициент заполнения солнечного элемента, для прямоугольных элементов 0,98-0,99 о.е., для элементов округлой формы менее 0,9;  $\eta_{\Delta N}$  – КПД, определяющий потери мощности при последовательной коммутации СФЭМ, обычно 0,9-0,95 о.е.;  $\eta_{\Delta U}$  – КПД, определяющий потери напряжения в сети при передачи энергии от элемента к потребителю, обычно 0,95-0,97 о.е.;  $\eta_{\text{сфэм}}$  – КПД СФЭМ, определяющийся материалом элемента, числом слоев и конструкцией.

# Общие сведения об основных производителях СФЭМ в России

Предприятия	Объем выпуска, МВт/год	Мощность ФЭП, Вт	Мощность модуля, Вт	КПД ФЭП, %
Солнечный ветер	5	2,0 – 3,45	5 – 200	15
“Красное знамя”	2,4	2	50 – 150	14 – 16
Telecom STV	1,5	1,43 – 1,5	0,75 – 110	15 – 18
Рязанский завод металлокерамических приборов	0,7	1,25 – 2,3	5 – 230	13 – 14
Санэнджи	3	2	7,5 – 150	15