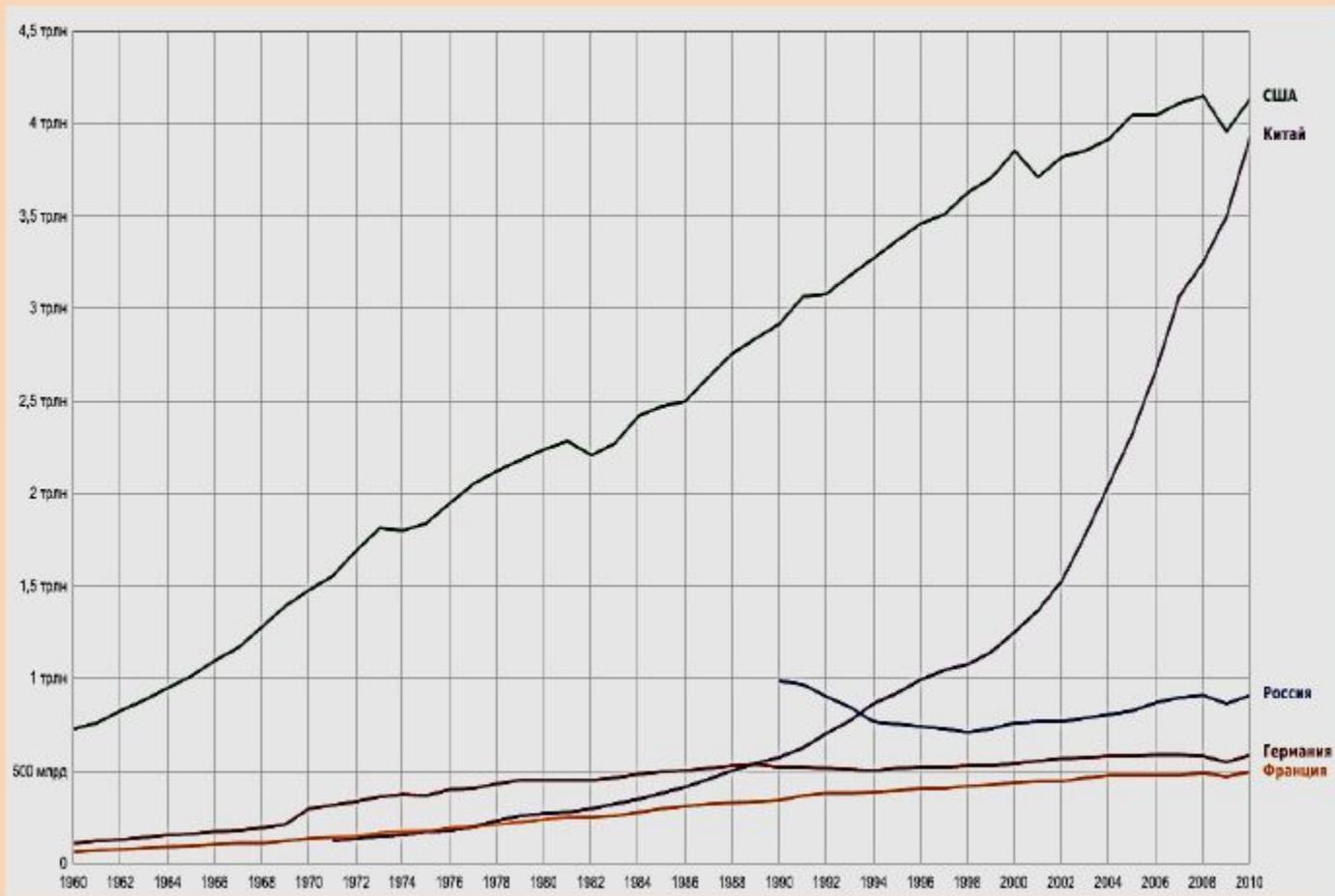


Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

Потребление электроэнергии (кВт ч) странами Мира



Классификация энергоресурсов

```
graph TD; A[Классификация энергоресурсов] --> B[Возобновляемые]; A --> C[Невозобновляемые]; B --> B1[Солнечная энергия]; B --> B2[Энергия ветра]; B --> B3[Энергия приливов и волн]; B --> B4[Геотермальная энергия]; C --> C1[Уголь]; C --> C2[Нефть]; C --> C3[Газ]; C --> C4[Ядерное топливо];
```

Возобновляемые

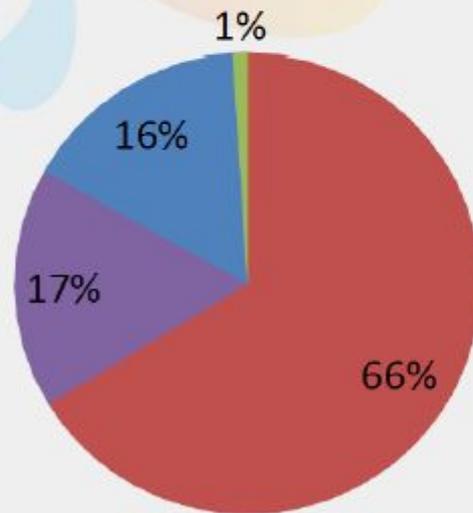
Солнечная энергия
Энергия ветра
Энергия приливов и волн
Геотермальная энергия

Невозобновляемые

Уголь
Нефть
Газ
Ядерное топливо

Производство электроэнергии в России

Структура выработки электроэнергии



на 2011 г.

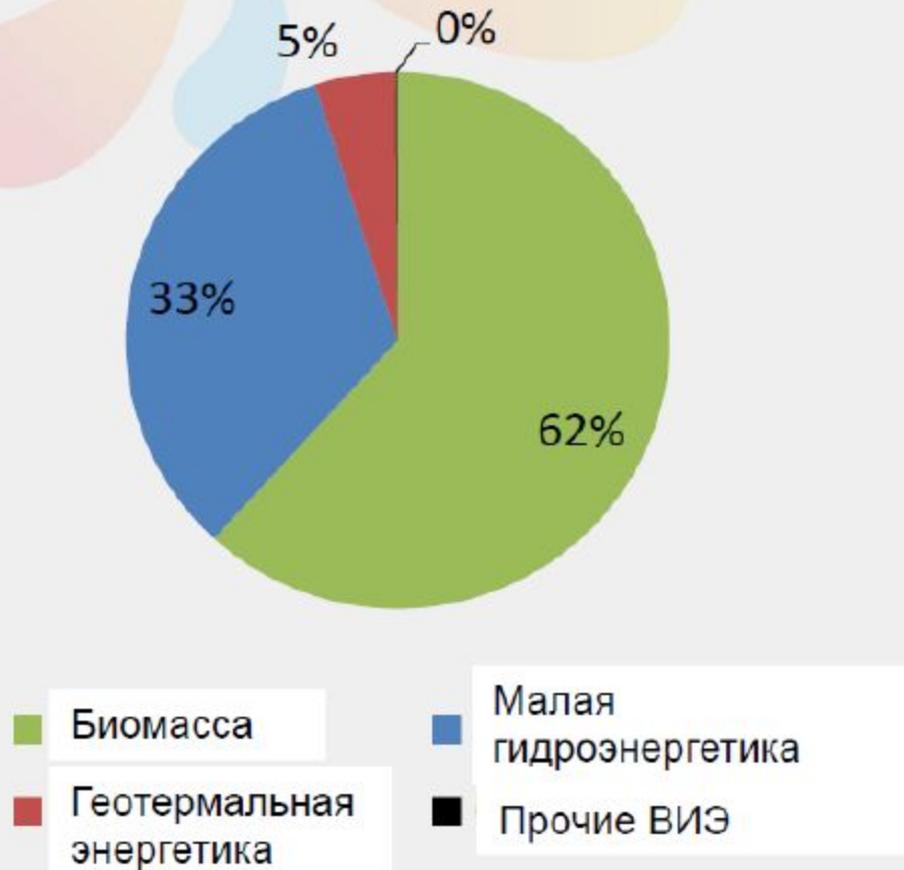
- Углеводородная энергетика
- Гидроэнергетика
- Атомная энергетика
- ВИЭ (включая малые ГЭС до 25 МВт)

Энергетика – основной движущий фактор развития всех отраслей промышленности, транспорта, коммунального и сельского хозяйства.

Централизованное и автономное энергоснабжение на территории России



Структура производства электроэнергии
из ВИЭ в России, 2010



ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

Преимущества

- ❖ Минимальное или полное отсутствие вредного воздействия на окружающую среду
- ❖ Неисчерпаемость ресурсов
- ❖ Доступность ресурсов (возможность обеспечения независимости от импорта энергоресурсов как стран, так и отдельных регионов и областей)
- ❖ Возможность использования территорий, непригодных для других целей

Недостатки

- ❖ Низкая плотность энергии (что ведет к увеличению размеров установок или использованию концентраторов и т.д.)
- ❖ Непостоянный, вероятностный характер поступления энергии (солнце, ветер, в меньшей степени ГЭС) - необходимость аккумуляирования и резервирования
- ❖ Территориальная привязанность к источнику энергии

Солнечная энергетика

Солнечная энергетика

Определение:

Солнечная энергетика - использование солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде.

Источником энергии солнечного излучения являются термоядерные реакции, протекающие на Солнце.

1. Характеристики Солнца

- Поток мощности, излучаемый Солнцем в окружающее пространство $4 \cdot 10^{23}$ кВт
- Температура в активном ядре Солнца 10^7 К
- Расстояние от Солнца до Земли 150 млн.км
- Площадь поверхности Земли, облучаемой Солнцем $5 \cdot 10^8$ км²

1. Характеристики Солнца

➤ Поток солнечной радиации,
достигающей Земли

$1,2 \cdot 10^{14}$ кВт

Это значительно превышает ресурсы всех других
возобновляемых источников энергии

Для примера, суммарная мощность
всех электростанций России

$2,2 \cdot 10^8$ кВт

Интенсивность

Поток солнечного излучения, проходящий через площадку в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно потоку излучения на расстоянии **одной астрономической единицы** от центра Солнца (вне атмосферы Земли), равен **1367 Вт/м^2** (**солнечная постоянная**).

Из-за поглощения атмосферой Земли, **максимальный поток солнечного излучения на уровне моря - 1020 Вт/м^2** .

Интенсивность

В средних широтах в дневное время значение потока солнечного излучения достигает **800 Вт/м² летом**, снижаясь до **250-300 Вт/м²** зимой. Ночью это значение равно **0**.

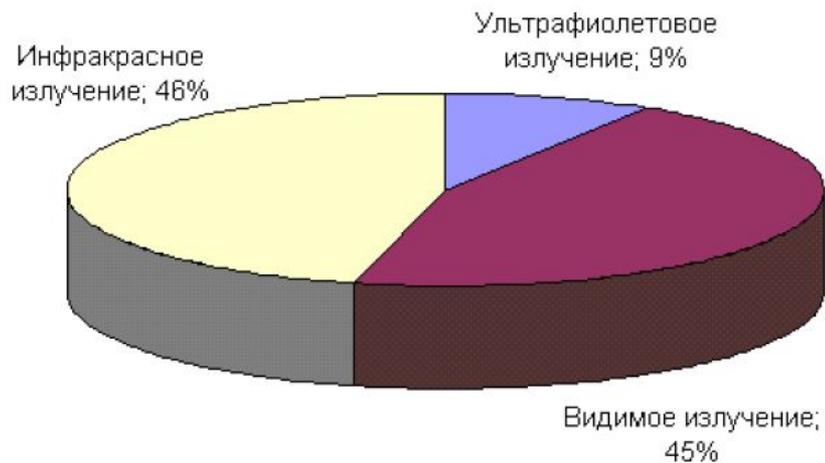
Это количество энергии с единицы площади определяет возможности солнечной энергетики.

Области солнечного спектра

До Земли доходит:

- **ультрафиолетовое** излучение
(длины волн до 0,4 мкм) – 9% интенсивности
- **видимое** излучение
(длины волн 0,4 - 0,7 мкм) – 45% интенсивности
- **инфракрасное (тепловое)** излучение
(длины волн более 0,7 мкм) – 46% интенсивности

Солнечный спектр



Причины ослабления солнечного света в атмосфере

- ❖ инфракрасное излучение поглощается парами воды;
- ❖ ультрафиолетовое излучение поглощается озоном;
- ❖ видимое излучение рассеивается молекулами газов и находящимися в воздухе частицами пыли и аэрозолями.

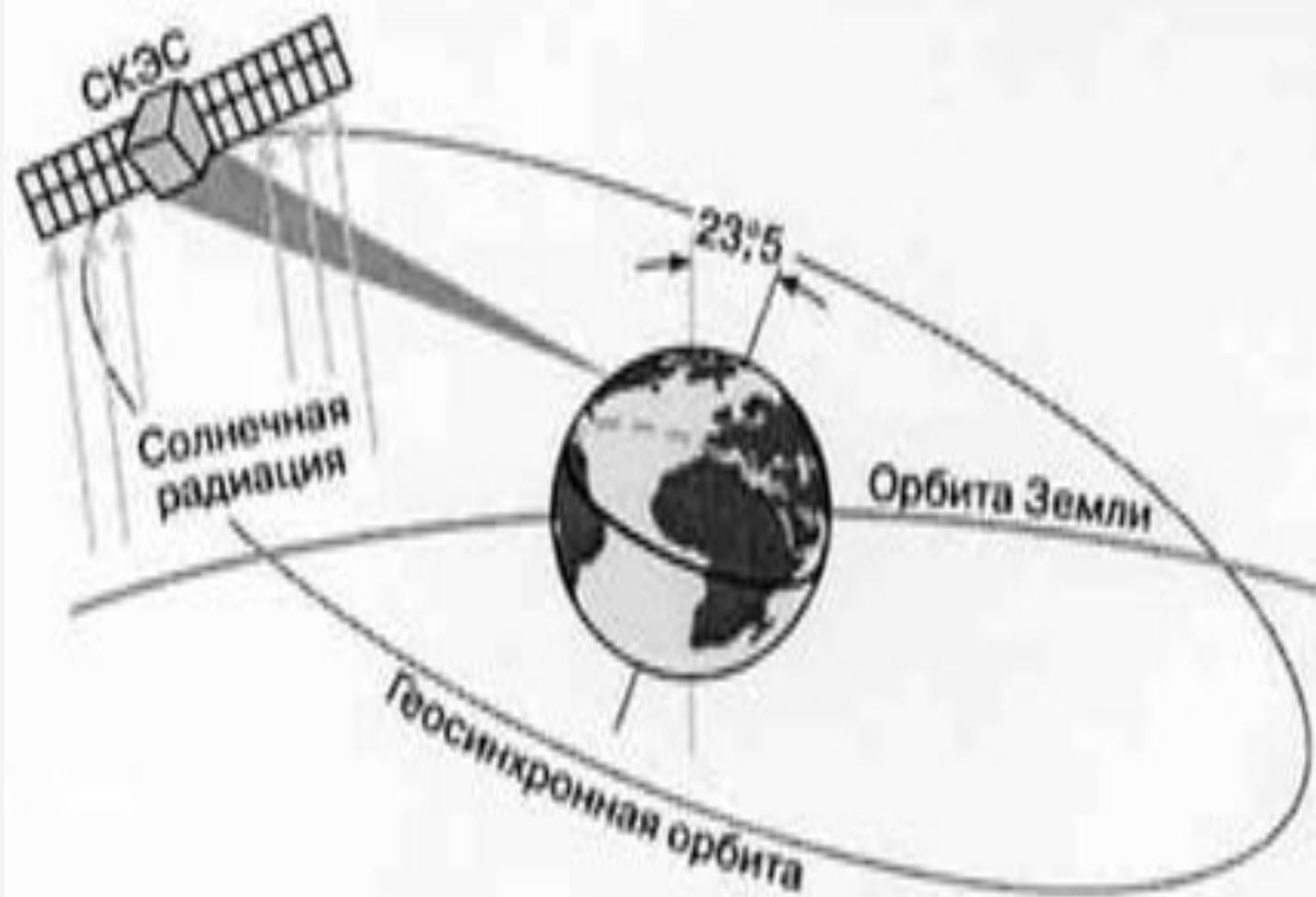


Рис. 1. Принципиальная схема СКЭС

3. Классификация солнечных энергетических установок

- по виду преобразования солнечной энергии в другие виды энергии – тепло или электричество;
- по концентрированию энергии – с концентраторами и без концентраторов;
- по технической сложности – простые (нагрев воды, сушилки, нагревательные печи, опреснители и т.д.) и сложные.

Сложные солнечные энергетические установки

1 группа

базируется в основном на системе преобразования солнечного излучения в тепло, которое далее чаще всего используется в обычных схемах тепловых электростанций:

- ❖ башенные солнечные электрические станции
- ❖ солнечные пруды
- ❖ солнечные энергетические установки с параболоцилиндрическими концентраторами
- ❖ солнечные коллекторы, в которых происходит нагрев воды с помощью солнечного излучения

Сложные солнечные энергетические установки

2 группа

базируется на прямом преобразовании солнечного излучения в электроэнергию с помощью солнечных термоэлектрических или фотоэлектрических установок.
(Безмашинные солнечные энергетические установки)

4. Термоэлектрические преобразователи

В основе лежит эффект Зеебека, открытый в 1821 году.

Если спаять концами два проводника разного химического состава и поместить спаи в среды с разными температурами, то между ними возникает термо-ЭДС:

$$E = \alpha(T_1 - T_2)$$

4. Термоэлектрические преобразователи

T_1 - абсолютная температура горячего спая

T_2 - абсолютная температура холодного спая

α - коэффициент пропорциональности

4. Термоэлектрические преобразователи

В цепи проводников возникает ток: J

Горячий спай за секунду поглощает теплоту из нагретого источника в количестве:

$$Q_1 = \alpha T_1 J$$

Холодный спай отдает теплоту низкотемпературному телу в количестве:

$$Q_2 = \alpha T_2 J$$

4. Термоэлектрические преобразователи

Разность подведенной и отведенной и отведенной теплоты составляет секундную работу тока, Вт:

$$L = \alpha(T_1 - T_2)J$$

Отношение работы к подведенной теплоте есть термический КПД процесса преобразования:

$$\eta_t = \frac{L}{Q_1} = \frac{\alpha(T_1 - T_2)J}{\alpha T_1 J} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

4. Термоэлектрические преобразователи

В реальных преобразователях имеют место потери:

- ❖ из-за электрического сопротивления проводников;
- ❖ их теплопроводности и термического сопротивления теплообмену спаев с окружающими средами

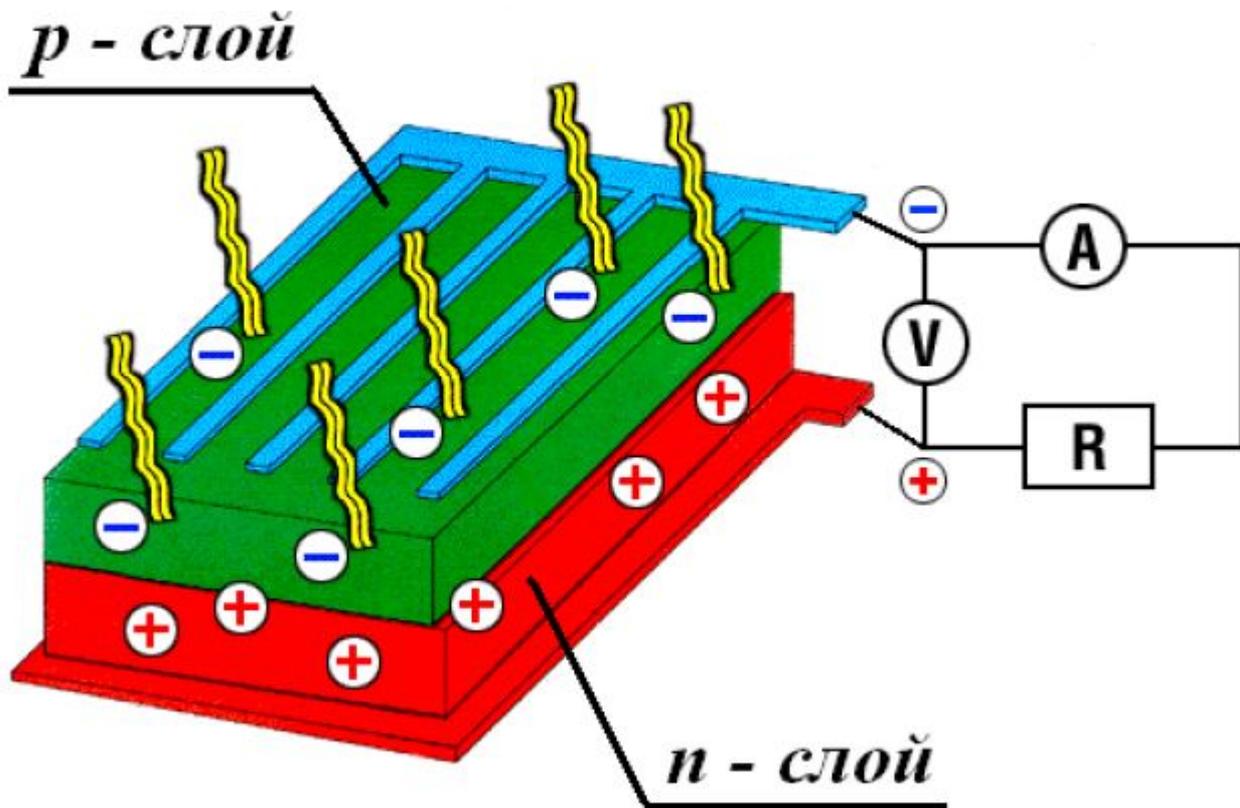
Действительный КПД установки равен: $\eta = \eta_{оэ} \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

$\eta_{оэ} < 1$ относительный электрический
КПД преобразователя

5. Фотоэлектрические преобразователи

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

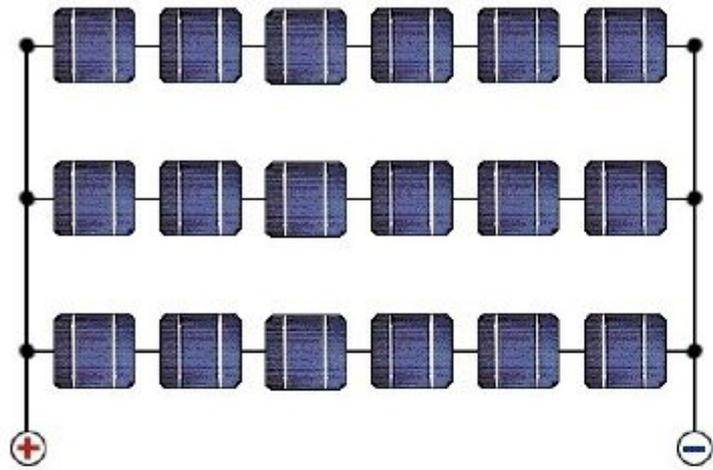
Конструкция солнечного элемента



Принцип работы

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.



Условия эффективной работы ФЭ

- ❖ полное сопротивление, включенное последовательно с солнечным элементом (исключая сопротивление нагрузки), должно быть малым для того, чтобы уменьшить потери мощности (джоулево тепло) в процессе работы;
- ❖ структура тонкой пленки должна быть однородной по всей активной области солнечного элемента, чтобы исключить закорачивание и влияние шунтирующих сопротивлений на характеристики элемента

Способы повышения эффективности ФЭ

Каскадные солнечные элементы:

Большинство современных СЭ обладают одним $p-n$ -переходом. В таком элементе свободные носители заряда создаются только теми фотонами, энергия которых больше или равна ширине запрещенной зоны. Другими словами, фотоэлектрический отклик однопереходного элемента ограничен частью солнечного спектра, энергия которого выше ширины запрещенной зоны, а фотоны меньшей энергии не используются. Преодолеть это ограничение позволяют многослойные структуры из двух и более СЭ с различной шириной запрещенной зоны. Такие элементы называются многопереходными, каскадными или тандемными. Поскольку они работают со значительно большей частью солнечного спектра, эффективность фотоэлектрического преобразования у них выше.

6. Нагрев воды солнечным излучением

Наиболее очевидная область использования солнечной энергии - подогрев воздуха и воды.

Основным элементом солнечной нагревательной системы является **приемник**, в котором происходит поглощение солнечного излучения и передача энергии жидкости.

Классификация приемников

Плоские приемники собирают как прямое, так и рассеянное излучение и поэтому могут работать также и в облачную погоду. В связи с этим, а также с учетом относительно невысокой стоимости плоские приемники являются предпочтительными при нагревании жидкостей до температур ниже 100°C .

Простые приемники содержат весь объем жидкости, которую необходимо нагреть.

➤ **Открытые нагреватели:**

Открытый резервуар на поверхности земли

Открытый резервуар, изолированный от земли

Черный резервуар

Черный резервуар с изолированным дном

➤ **Закрытые черные нагреватели**

Классификация приемников

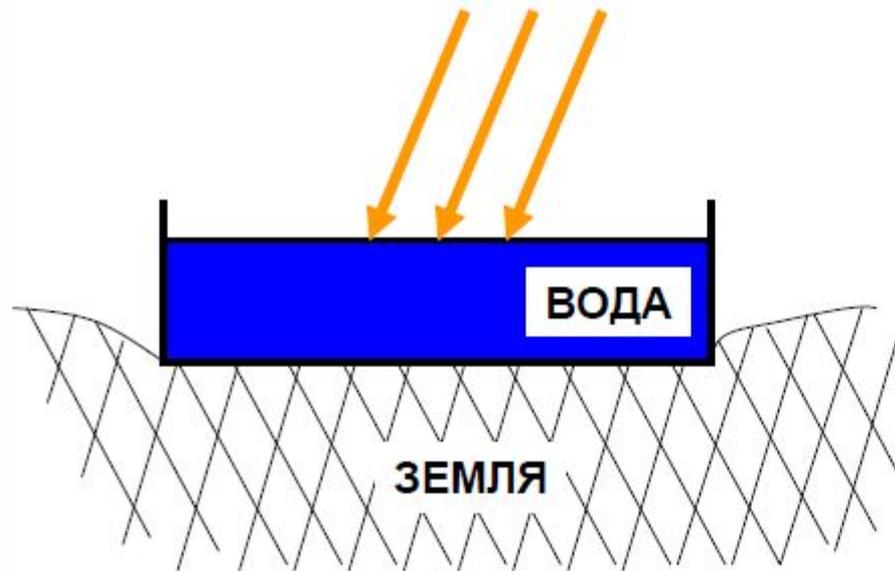
Приемники более сложной конструкции

нагревают за определенное время только небольшое количество жидкости, которая затем, как правило, накапливается в отдельном резервуаре, что позволяет снижать теплопотери системы в целом.

- Металлические проточные нагреватели: трубчатые и пластинчатые
- Металлические проточные нагреватели с двойным стеклянным покрытием
- Нагреватели с селективным покрытием
- Вакуумированный приемник

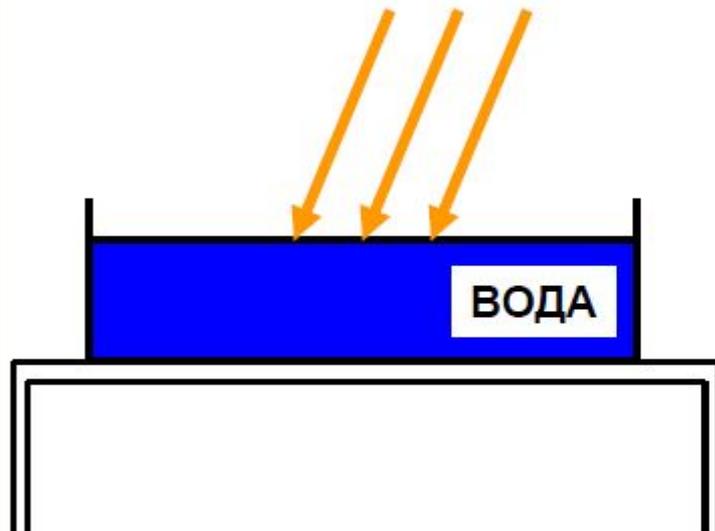
Фокусирующие приемники собирают только прямое излучение. Позволяют нагреть жидкость до 700°C

Открытый резервуар на поверхности земли



Емкость, наполненная водой, нагревается под действием солнечного излучения, однако повышение температуры воды ограничено вследствие того, что тепло легко передается земле

Открытый резервуар, изолированный от земли

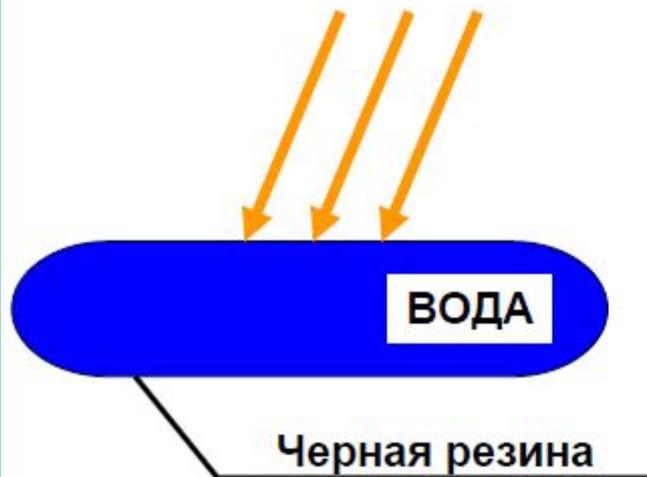


Тепловые потери меньше по сравнению с предыдущим случаем.

Повышение температуры ограничено вследствие низкого коэффициента поглощения воды.

Значительная часть поглощенного тепла идет на испарение воды, что также препятствует повышению температуры

Черный резервуар



В этом случае жидкость заключена в емкости с черной матовой поверхностью, обычно располагаемой на крыше здания.

Потери тепла на испарение в этой конструкции сведены к нулю.

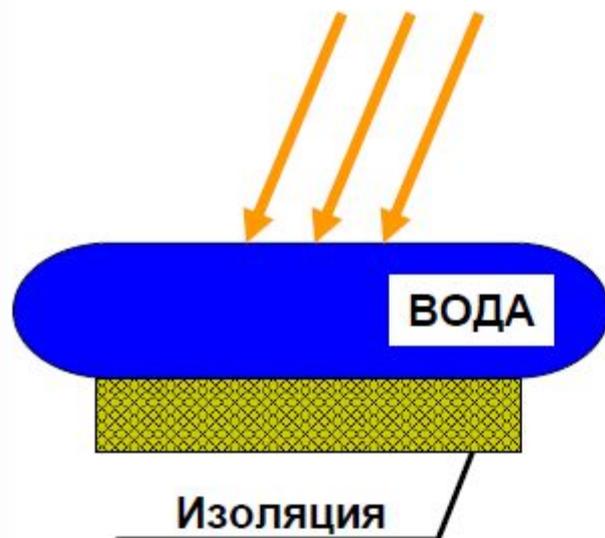
Черная поверхность емкости поглощает излучение намного лучше, чем прозрачная вода.

Часть поглощенного тепла передается жидкости.

Черный резервуар

Нагреватели этого типа достаточно недороги, просты в изготовлении и позволяют нагревать воду до температуры около 45° С. Широкое применение получили такие нагреватели в Японии, где с их помощью подогревают воду для вечерних ванн. Параметры нагревателя ограничены увеличением тепловых потерь в ветреную погоду. Другая проблема заключается в том, что многие дешевые черные водонепроницаемые материалы (например, старые автомобильные покрышки, полиэтиленовые емкости) быстро разрушаются на солнце и через несколько месяцев начинают пропускать воду. Однако в некоторых случаях может оказаться более выгодным периодически, заменять старые емкости новыми, чем использовать более сложные конструкции. Следует отметить, что материал, из которого изготовлена емкость нагревателя, не обязательно должен быть черного цвета, ему достаточно иметь черное покрытие

Черный резервуар с изолированным дном

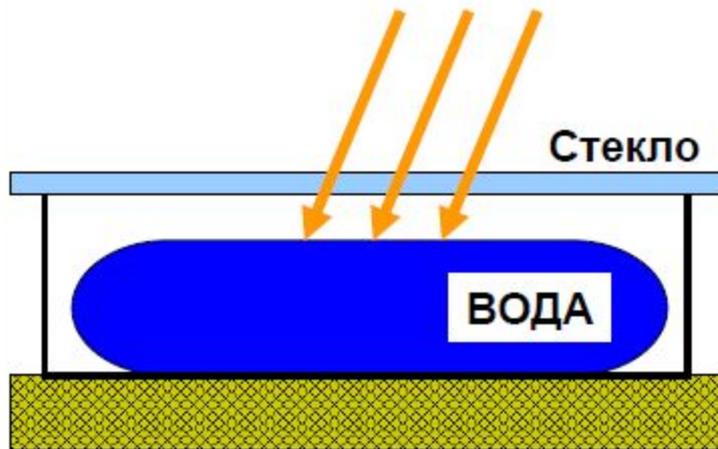


Потери тепла системой, изображенной на предыдущем рисунке можно уменьшить почти в 2 раза, если изолировать дно приемника.

В качестве изолятора можно использовать практически любой пористый материал, размер пор которого не превышает 1 мм, например стеклоткань, пенополистирол, древесную стружку и т. д.

Теплопроводность этих материалов сравнима с теплопроводностью воздуха.

Закрытые черные нагреватели



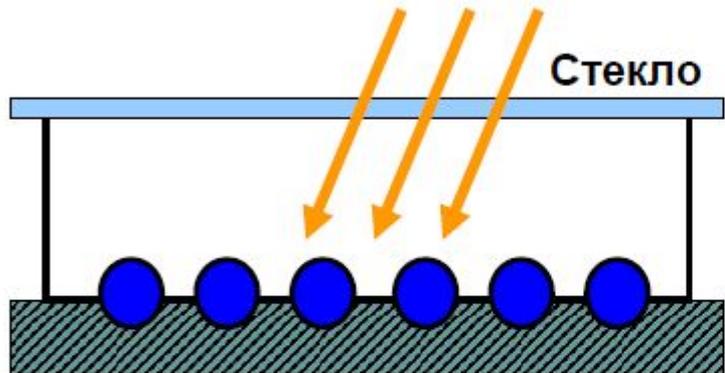
«-» предыдущих конструкций -
охлаждение ветром.

Защитить емкость нагревателя
от ветра можно, помещая его в
контейнер с прозрачной для
солнечного излучения крышкой.

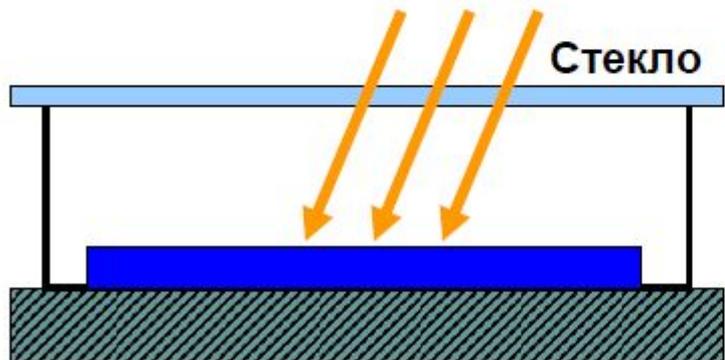
Наличие стеклянной крышки примерно в 4 раза повышает сопротивление теплотерям между поверхностью нагретой воды и окружающим воздухом

Простой закрытый нагреватель позволяет повышать температуру воды более чем на 50°C

Металлические проточные нагреватели



1. Трубчатые проточные нагреватели



2. Пластинчатые проточные нагреватели

Закрытые черные нагреватели

В приемнике вода протекает по параллельным трубкам, закрепленным на зачерненной металлической пластине.

В такой системе необходимо обеспечивать **низкое термическое сопротивление** между пластиной и трубками и вдоль пластины между трубками.

Геометрические характеристики:

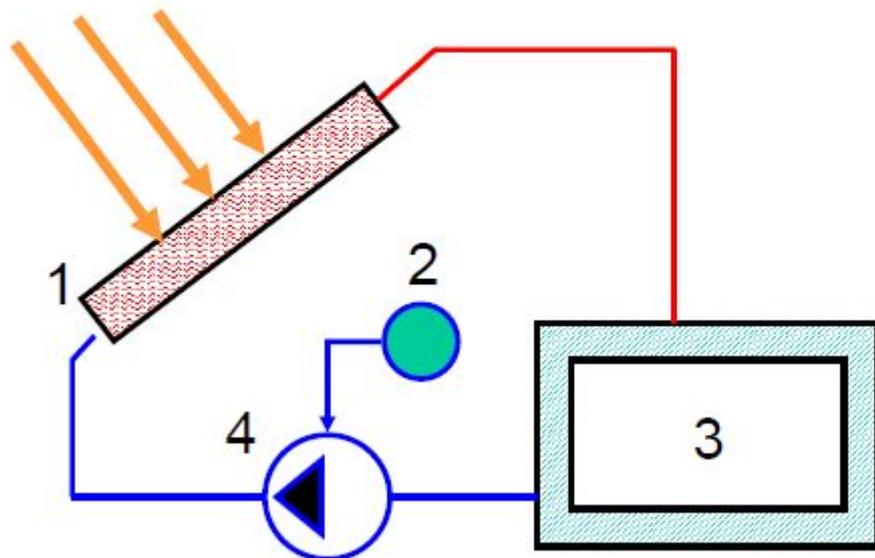
- ❖ диаметр трубок составляет около 2 см
- ❖ расстояние между ними 20 см
- ❖ толщина пластины 0,3 см

Пластину с трубками для защиты от ветра помещают в контейнер со стеклянной крышкой.

Заполненная водой пластина в принципе более эффективна, чем трубчатая, так как имеет большую поверхность теплового контакта.

Закрытые черные нагреватели

Нагретую жидкость можно использовать сразу или можно ее запасать и (или) перекачивать, как показано ниже



- 1 – приемник
- 2 – регулятор
- 3 – изолированный накопительный резервуар
- 4 – насос

Закрытые черные нагреватели

Способы организации циркуляции:

1. Принудительная циркуляция.

Приемники позволяют нагревать небольшие объемы жидкости, которая с помощью насоса перекачивается в изолированную накопительную емкость.

Обычно скорость прокачки выбирают такой, чтобы температура воды повышалась примерно на 4°C при каждом проходе через нагреватель.

Так как повышение температуры зависит от облученности приемной площадки и температуры воды на входе приемника, повышение на 4°C будет достигаться только для одного типа условий.

Закрытые черные нагреватели

«+»

- ❖ можно использовать существующие водонагревательные системы, вводя в них приемник солнечного излучения и насос
- ❖ нет необходимости располагать накопительную емкость выше приемника

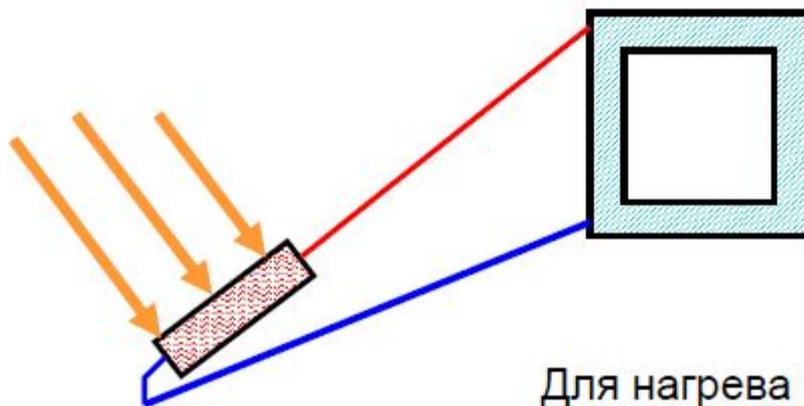
«-»

- ❖ зависимость от электроэнергии, потребляемой насосом, которая может быть дорогостоящей или может подаваться нерегулярно

Закрытые черные нагреватели

Тепловая (естественная) циркуляция.

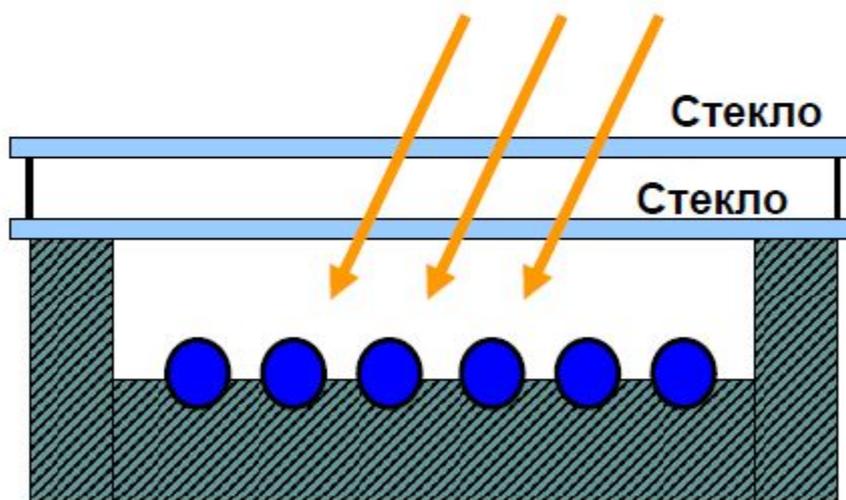
Циркуляция жидкости в нагревательной системе осуществляется вследствие различия плотностей холодной (плотной) и горячей (менее плотной) воды.



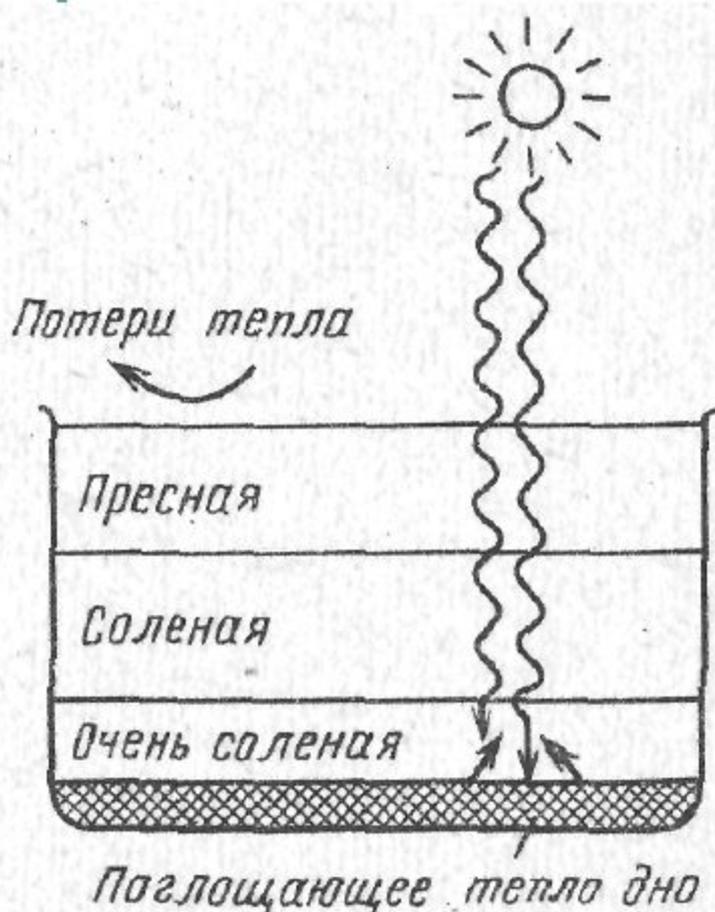
Для нагрева 100 литров воды от 40 до 44 градусов необходимое время на полную циркуляцию - 2 часа

Металлические проточные нагреватели с двойным стеклянным покрытием

Характеристики плоского пластинчатого приемника и его эффективность при высоких температурах могут быть улучшены в результате уменьшения конвективного переноса между приемной пластиной и стеклянной крышкой, если над первой стеклянной крышкой поместить еще одну дополнительную стеклянную крышку



4. Солнечные пруды



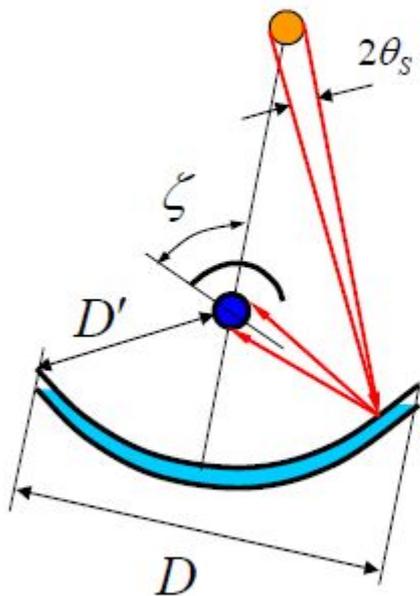
В солнечный пруд заливается несколько слоев воды различной степени солености, причем наиболее соленый слой толщиной около 0,5 м располагается на дне. Солнечное излучение поглощается дном водоема, и придонный слой воды нагревается. В обычных однородных водоемах нагретая вода, более легкая, чем окружающая ее, поднимается вверх и в процессе свободной конвекции передает тепло воздуху над водоемом. В неоднородном водоеме придонный слой воды обычно берется настолько более соленым, чем слой над ним, что плотность его хотя и уменьшается при нагревании, но все-таки остается выше плотности более высокого слоя. Поэтому конвекция подавляется и придонный слой нагревается все сильнее.

5. Концентраторы солнечной энергии

Концентрирующий коллектор включает в себя приемник, поглощающий излучение и преобразующий его в какой-либо другой вид энергии, и концентратор, который представляет собой оптическую систему, направляющую поток излучения на приемник.

Обычно концентратор требуется непрерывно поворачивать, чтобы он во время работы был обращен к Солнцу.

5.1. Параболический вогнутый концентратор

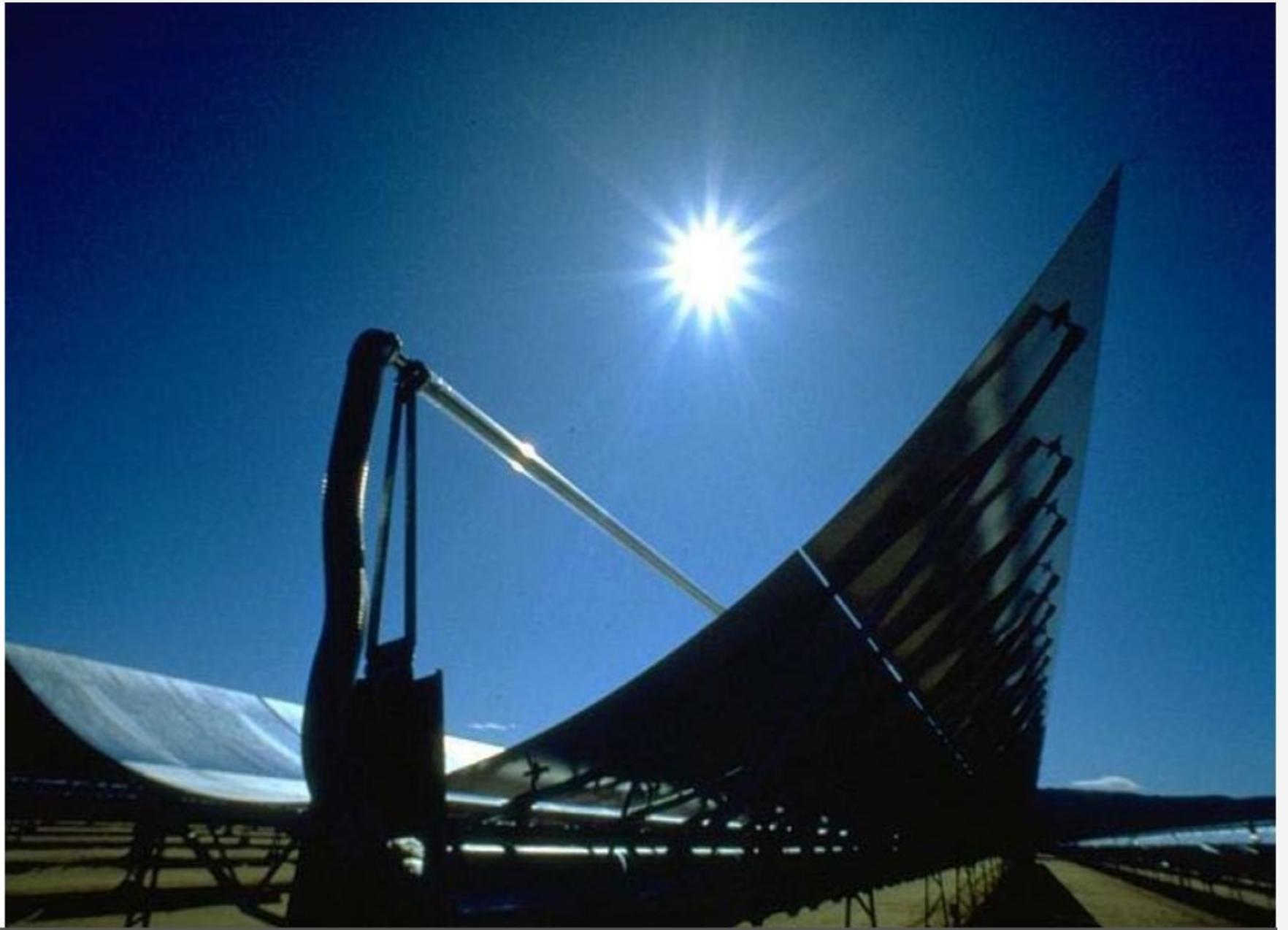


Концентратор представляет собой параболическое зеркало длиной l с приемником, расположенным вдоль его оси.

Это дает концентрацию энергии только в одном направлении, поэтому коэффициент концентрации меньше, чем для параболоида, однако одномерное расположение осуществить проще.

Кроме того, обычно необходимо, чтобы коллектор следил за Солнцем только в одном направлении.

Ось располагают с запада на восток, и зеркало автоматически поворачивается вокруг оси, отслеживая наклон в сторону Солнца.



5.2. Параболический объемный концентратор



Концентрация энергии может осуществляться в двух направлениях, если использовать объемный концентратор.

Это требует проектирования более сложной системы слежения за Солнцем, чем для одномерного случая.

Наилучшая фокусировка обеспечивается, если зеркало имеет форму параболоида вращения. Форма приемника предполагается сферической.

Даже несмотря на точность слежения и возможные отклонения профиля зеркала от параболического при всех трудностях конструирования приемника, на практике возможно достижение температуры до 3000 К.

5.3. Концентраторы, не следящие за Солнцем

В некоторых случаях могут быть полезны также и дешевые коллекторы с низким коэффициентом концентрации, с концентраторами не следящими за положением солнца.

Солнечные системы для получения электроэнергии

Концентрация солнечной энергии позволяет получать температуры (700°C), достаточно высокие для работы теплового двигателя с приемлемым коэффициентом полезного действия.

Изготовление параболических концентраторов с диаметром, превышающим 30 м, довольно сложно, тем не менее мощность одного такого устройства составляет 700 кВт, что позволяет получить до 200 кВт электроэнергии.

Так каким же образом можно построить солнечную электростанцию достаточно большую для того, чтобы получать, скажем, 10 МВт электроэнергии?

Для этого существуют два варианта: *рассредоточенные коллекторы и системы с центральной солнечной башней.*

Солнечные системы для получения электроэнергии

Распределенные коллекторы.

На рисунке показана система, состоящая из множества небольших концентрирующих коллекторов, каждый из которых независимо следит за Солнцем.

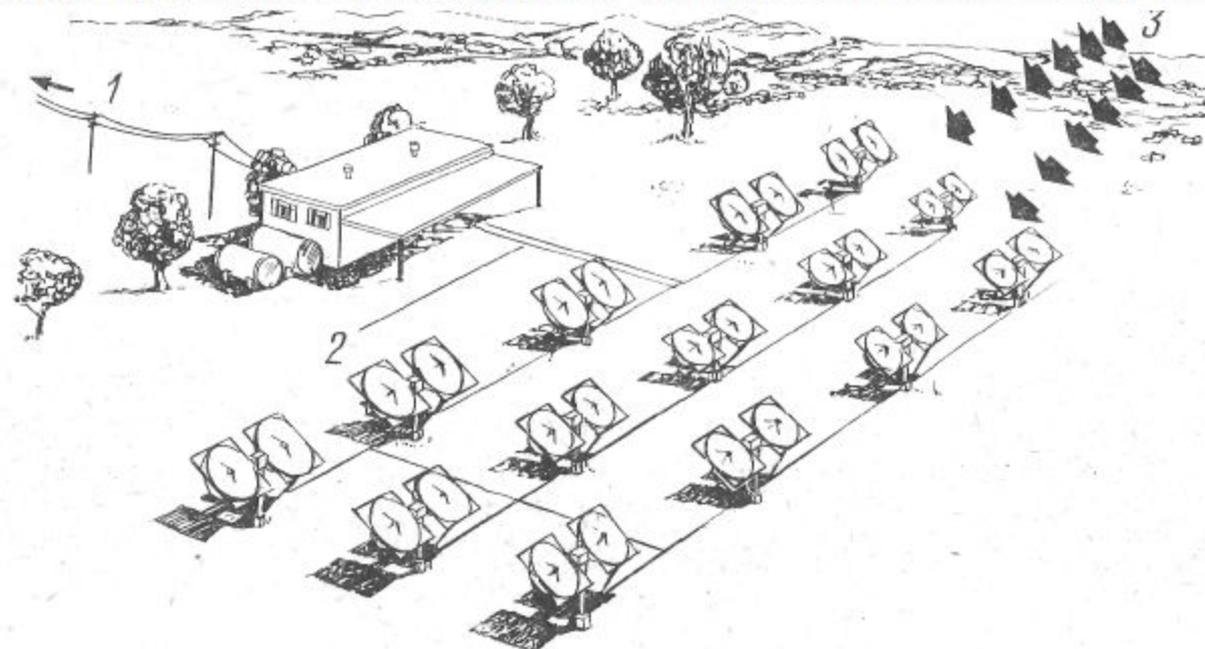


Рис. 6.11. Схема получения электроэнергии от системы распределенных коллекторов:
1 — электроэнергия; 2 — трубы под землей, по которым протекает аммиак или пар;
3 — солнечные лучи

Солнечные системы для получения электроэнергии

Концентраторы не обязательно должны иметь форму параболоидов, но обычно это предпочтительнее.

Каждый коллектор передает солнечную энергию жидкости - теплоносителю, горячая жидкость от всех коллекторов собирается в центральной энергостанции.

Теплонесущая жидкость может быть **водяным паром**, если она будет прямо использована в паровой турбине, или какой-либо **термохимической средой** - такой, как, например, диссоциированный аммиак.

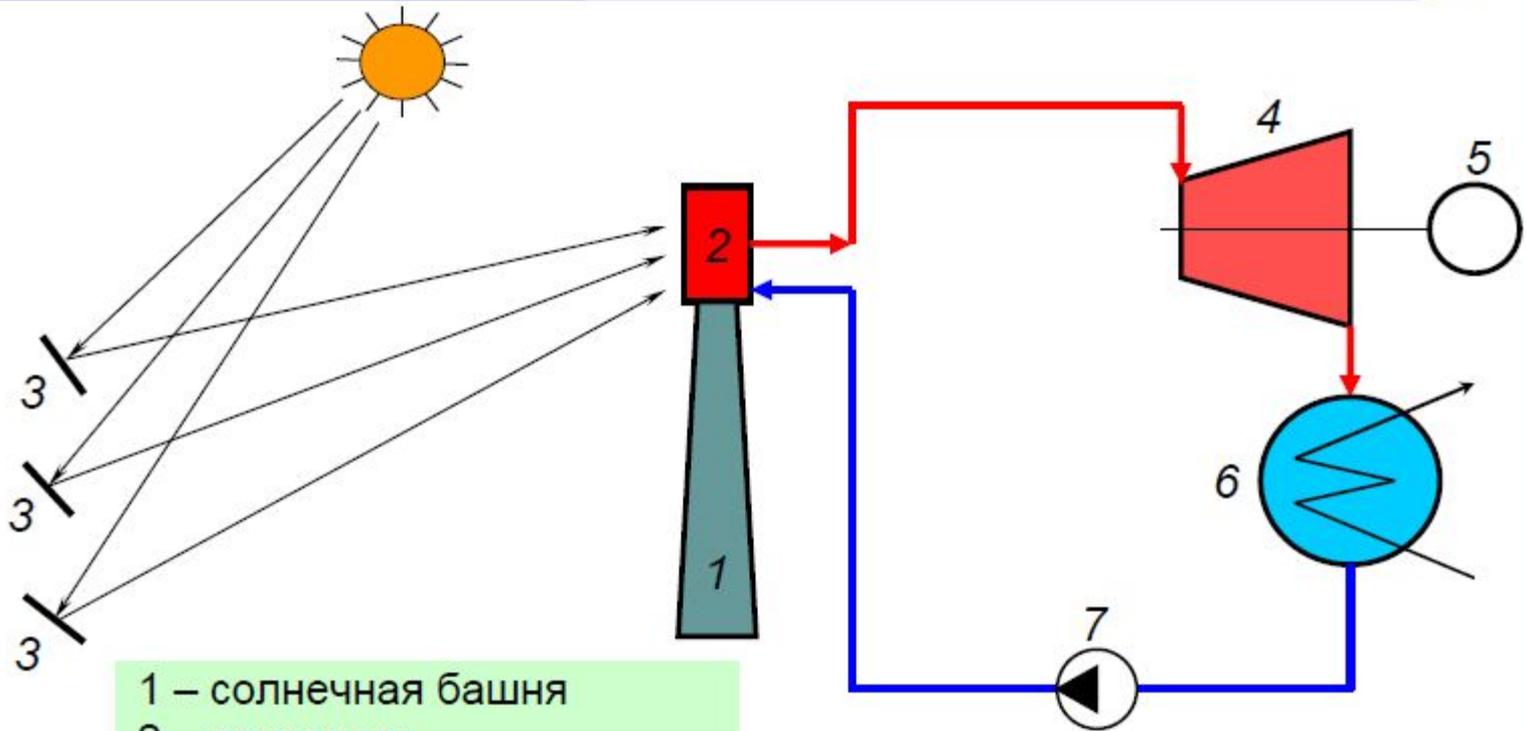
Преимущество:

в случае использования химического реагента отсутствуют потери между коллектором и тепловым двигателем, так что тепло может передаваться на большие расстояния или в течение длительного времени (например, с вечера в течение всей ночи, что позволяет осуществить непрерывную генерацию электроэнергии).

Солнечные башни.

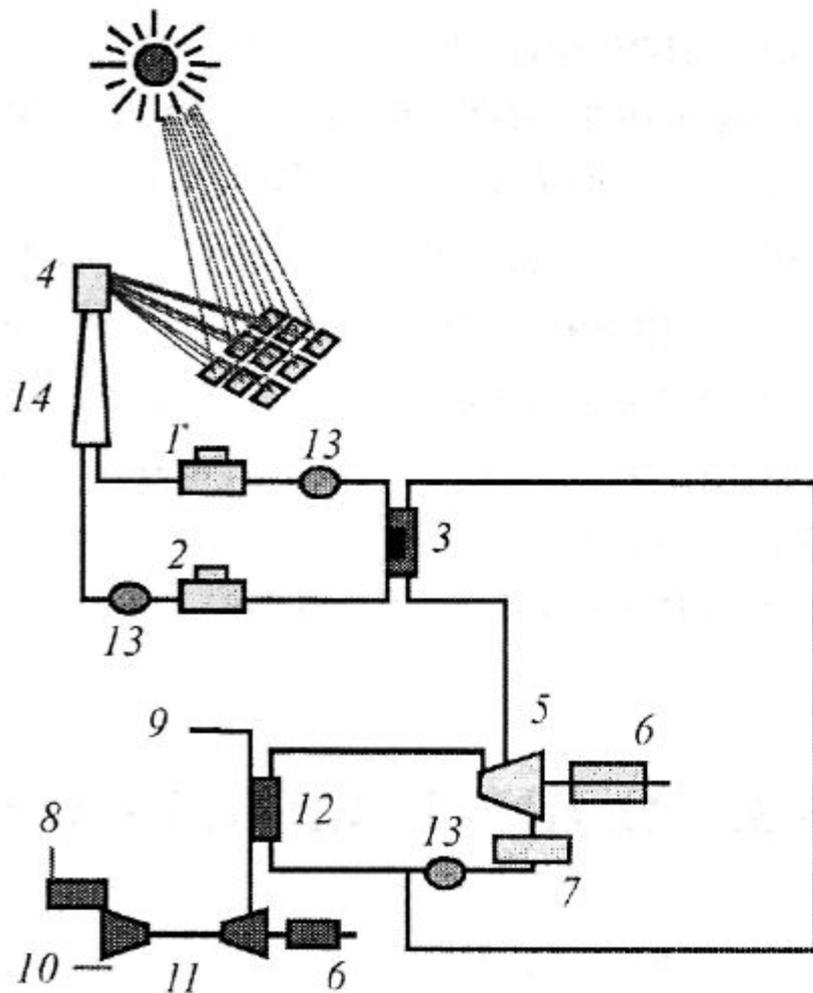
Альтернативный вариант состоит в использовании расположенных на большой площади следящих за Солнцем плоских зеркал, отражающих солнечные лучи на центральный приемник, помещенный на вершине башни.





- 1 – солнечная башня
- 2 – приемник
- 3 – гелиостаты
- 4 – паровая турбина
- 5 – электрогенератор
- 6 – конденсатор
- 7 – насос

Функциональная блок-схема гибридной СЭС



- 1 и 2 - резервуары для хранения «горячей» и «холодной» расплавленной соли соответственно;
- 3 - парогенератор;
- 4 - приемник солнечного излучения;
- 5 - паровая турбина;
- 6 - генератор;
- 7 - конденсатор;
- 8 - топливо (газ);
- 9 - выхлоп отработанного газа в атмосферу;
- 10 - подача воздуха;
- 11 - газотурбинная установка;
- 12 - теплообменник;
- 13 - насосы;
- 14 - башня