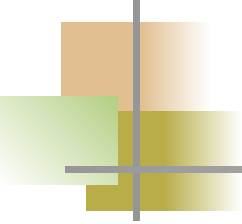




Альтернативные источники энергии

Ст. преподаватель
Васильева Елена Александровна



Лекция 1. Традиционная энергетика. Общие положения.

Традиционные способы получения энергии:

- Сжигание ископаемого топлива;
- Деление ядер делящихся материалов (урана);
- Механическая работа воды.



Традиционные виды топлива:

- Твердые (уголь, торф, дрова; горючие сланцы, руды делящихся материалов);
- Жидкие (мазут, продукты нефтепереработки; газовый конденсат);
- Газообразные (природный газ).




Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) -

— это система, включающая совокупность производств, процессов, материальных устройств по добыче топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), их преобразованию, транспортировке, распределению и потреблению как первичных ТЭР, так и преобразованных видов энергоносителей.

В ТЭК входят:

- нефтяная промышленность;
- угольная промышленность;
- газовая промышленность;
- электроэнергетика.



70 % электроэнергии вырабатывают на тепловых электростанциях - ТЭС.

ТЭС делятся на конденсационные тепловые электростанции (КЭС), и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).

Основное оборудование ТЭС:

котел-парогенератор ПГ, турбина Т, генератор Г, конденсатор пара К, циркуляционный насос Н.

Основное оборудование АЭС:

ядерный реактор ЯР, турбина Т, генератор Г, конденсатор пара К, циркуляционный насос Н.

Основное оборудование ГЭС:

водяная турбина ВТ, генератор Г,

Основные проблемы традиционной энергетики



- Традиционные виды топлива - исчерпаемые ресурсы;
- Отчуждение земель для складирования пустой породы;
- Загрязнение атмосферы при складировании отвалов и их возгорании;
- Загрязнение окружающей среды при погрузке/разгрузке, транспортировке и хранении топлива;



Экологические проблемы ТЭС

- Загрязнение атмосферы продуктами сгорания ископаемого топлива;
- Тепловое загрязнение атмосферы и воды;

Экологические проблемы АЭС

- Размещение радиоактивных отходов;
- Тепловое загрязнение атмосферы и воды;



Экологические проблемы ГЭС

- отчуждение значительных площадей пойменных земель под водохранилища;
- засорение территорий

Для всех ЭС:

- создание электромагнитных полей вокруг линий электропередач (ЛЭП).



Альтернативные (возобновляемые) источники энергии:

- энергия Солнца;
- энергия ветра;
- энергия течений и волн морей и океанов;
- энергия малых рек;
- геотермальная энергия;
- низкопотенциальная тепловая энергия;
- энергия от сжигания альтернативного топлива.



Альтернативные виды топлива

Твердое: органическая часть ТБО; отходы древесины; топливные пеллеты и брикеты; биоуголь; осадки от очистки сточных вод и др.

Жидкое: биодизель; биоэтанол, биобутанол; пиролизная нефть; отходы масел и др.

Газообразное: биогаз; синтез-газ; пиролизный газ; водород;

Топливо условное -

- единица учёта тепловой ценности топлива, применяемая для сопоставления эффективности различных видов топлива и их суммарного учёта. В качестве единицы у.т. принимается 1 кг топлива с теплотой сгорания 7000 ккал/кг (или 29,3 МДж/кг).


$$B_y = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{7000} B_{\text{н}} = \varepsilon \cdot B_{\text{н}},$$

Энергетический потенциал



В зависимости от степени учета технико-экономических аспектов применения:

Валовый потенциал - это среднеемноголетнее количество энергии, заключенное в данном виде энергоресурса, при условии ее полного полезного использования.



Технический потенциал - это часть *валового потенциала*, преобразование которого в полезную энергию возможно при современном уровне развития технических средств и экологических ограничениях.

Экономический потенциал - часть *технического потенциала*, который экономически целесообразно преобразовывать в полезную энергию при конкретных экономических условиях.



В зависимости от качества энергии:

Коэффициент полезного действия - доля энергии источника, которая может быть превращена в механическую работу.

Оценка потенциала ВИЭ в России

Ресурсы	Валовый потенциал, млн. т у.т./год	Технический потенциал, млн. т у.т./год	Экономический потенциал, млн. т у.т./год
Энергия ветра	44326	2216	11
Малая гидроэнергетика	402	126	70
Солнечная энергия	2 205400	9695	3 -12,5
Энергия биомассы	467	129	35- 69
Геотермальная энергия (гидротермальные ресурсы)	*	11869	114
Низкопотенциальное тепло	563	194	53
ИТОГО по ВИЭ	2 251158	24229**	320




КПД механических АИЭ:

гидроэнергии – 0,6-0,7;

ветровой – 0,3-0,4

- КПД лучистых и тепловых АИЭ (включая биомассу) - 0,3-0,35
- КПД фотоэлектрических АИЭ – 0,15-0,3



Политика России в области ВИЭ. Энергетическая стратегия на период до 2020 г.

Стратегические цели:

- Сокращение потребления невозобновляемых ТЭР;
- Снижение экологической нагрузки от ТЭК;
- Обеспечение дальних регионов энергией;

ПП РФ №1р от 08.04.2010г.:

Показатели ВИЭ в производстве электроэнергии:

2015 г. – 2,5 %

2020 г. – 4,5 %



Лекция 2. Солнечная энергетика.

Мощность солнечного излучение у поверхности Земли зависит от:

- Широты и долготы местности;
- Географических и климатических условий;
- Показателя атмосферной массы:
$$AM = (P/P_0) \cdot (1/\cos\theta);$$
- Состояния атмосферы (состав, температура)

Классификация солнечных установок:

- Тепловые и электрические



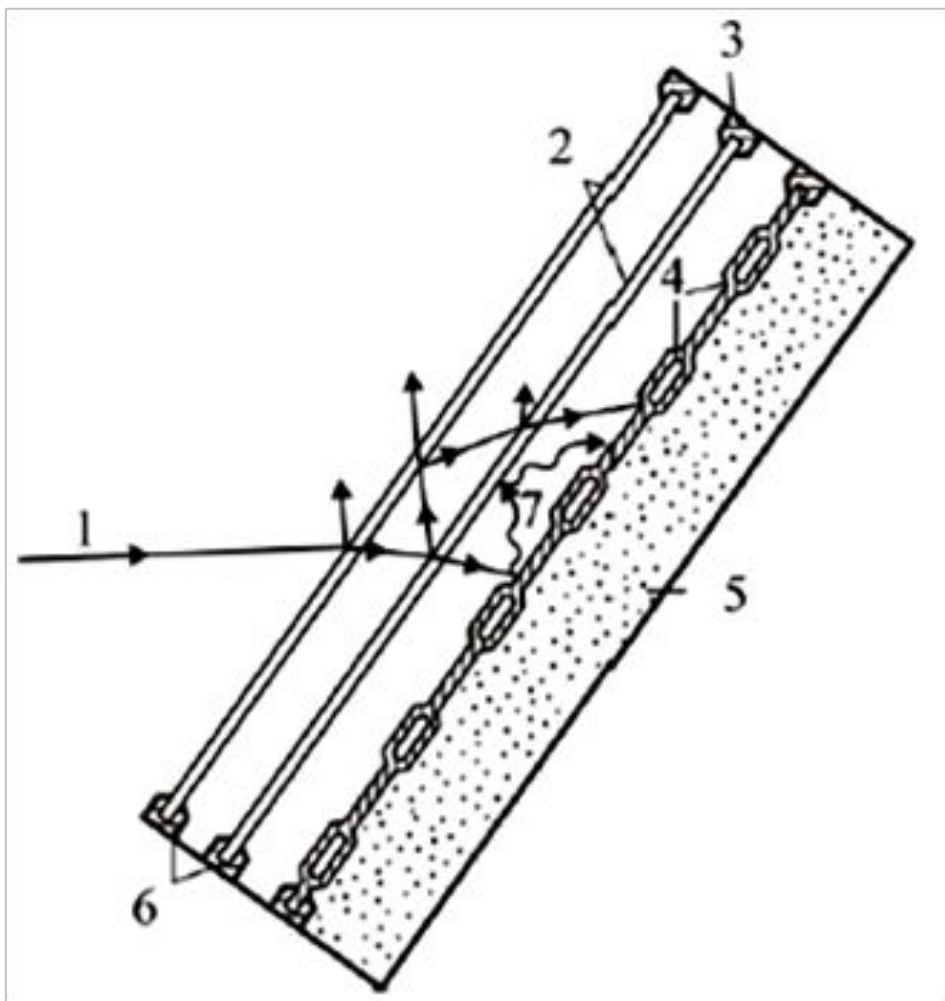
фотоэлектрические

паротурбинные

По концентрированию энергии:

- Без концентраторов
- С концентраторами
- Солнечные пруды

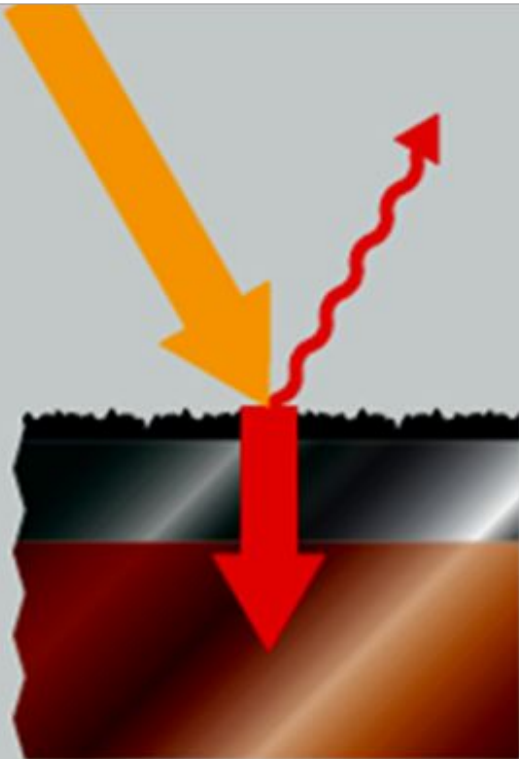
Солнечные нагреватели – плоские коллекторы солнечной энергии (КСЭ)



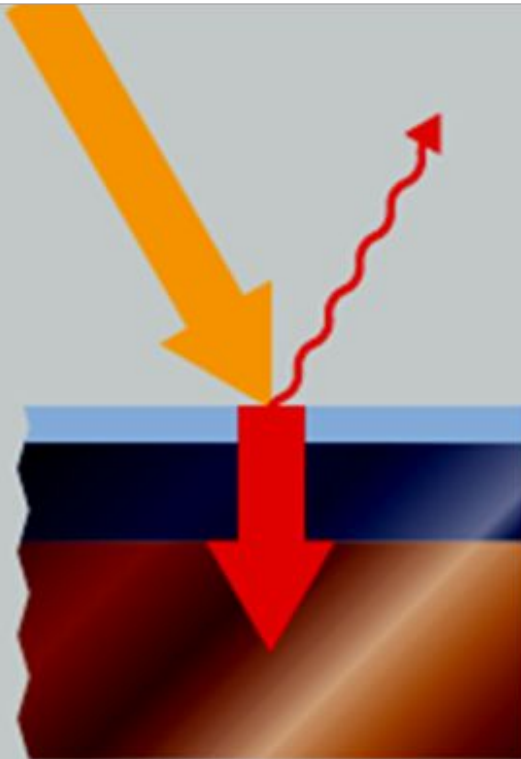
- 1 – солнечное излучение;
- 2 – остекление;
- 3 – корпус;
- 4 – поглощающая панель;
- 5 – теплоизоляция;
- 6 – уплотнитель;
- 7 – собственное длинноволновое излучение панели.



**Черный лак
(неселективное)**

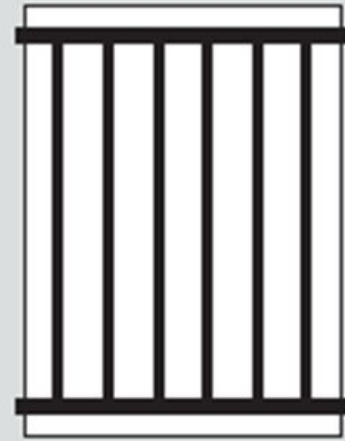
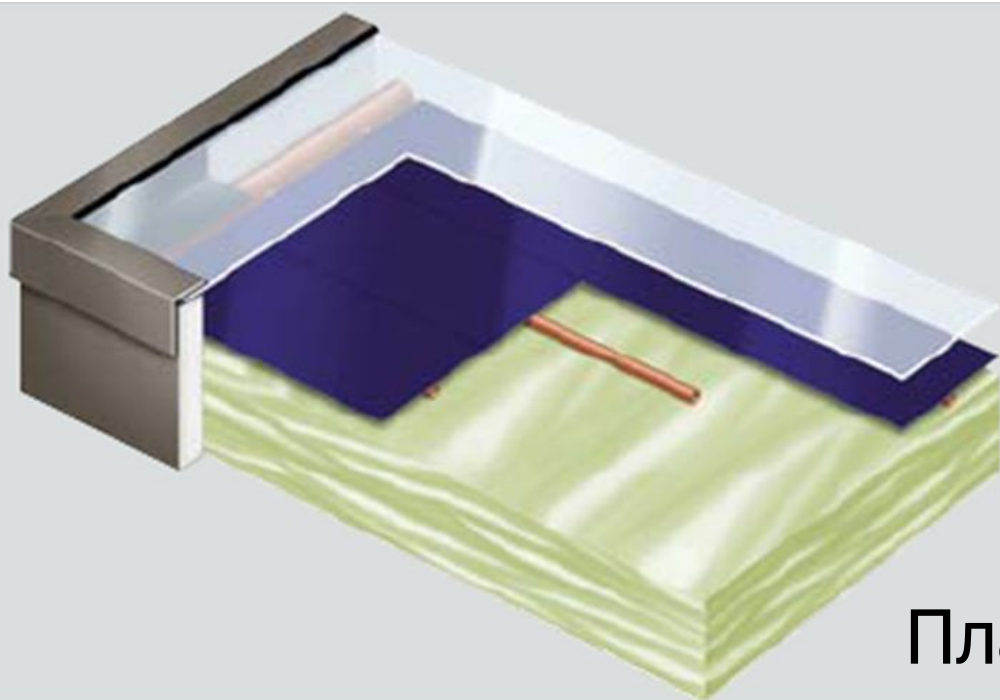


**Черный хром
(селективное)**

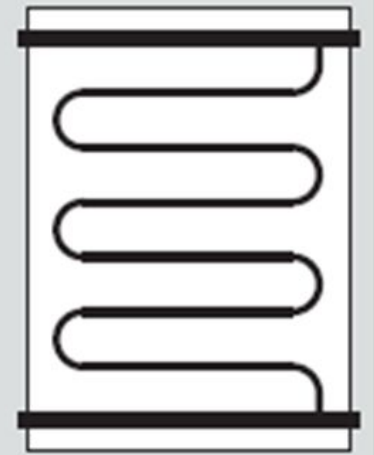
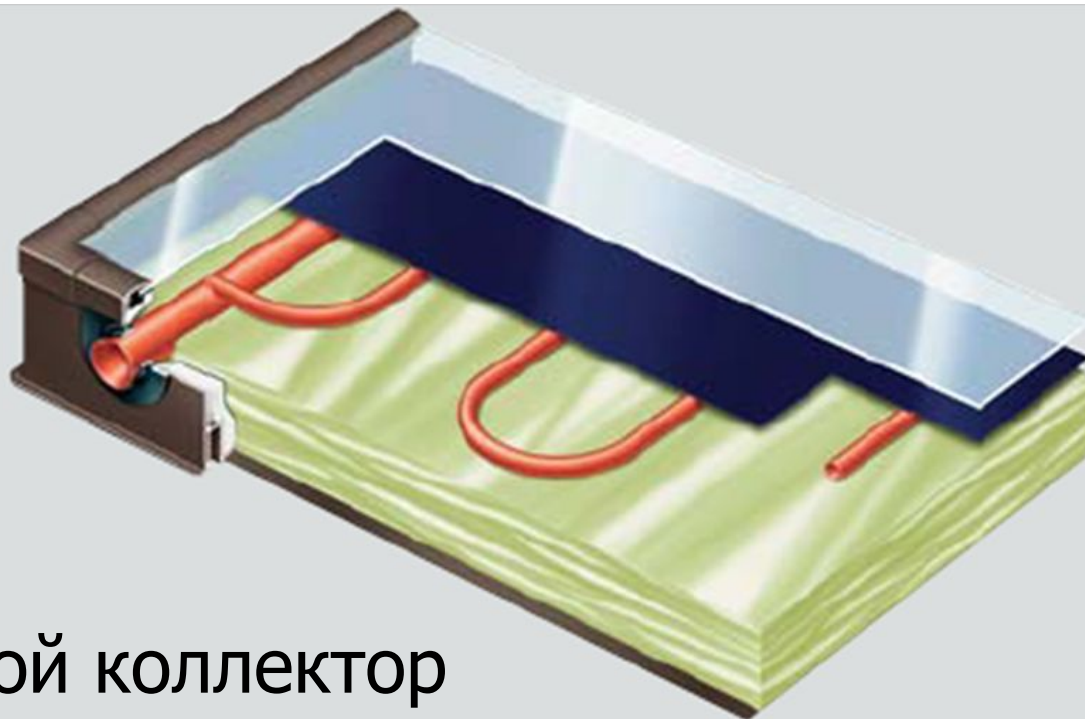


**«Синие слои»
(селективное)**

Поверхность	Способ нанесения	Коэффициент поглощения α	Коэффициент излучения ϵ
Черный лак	Лакирование	0,95	0,85
Черный хром	Гальванизация	0,95	0,15
«Синие слои»	Напыление	0,95	0,05



Пластинчатый коллектор



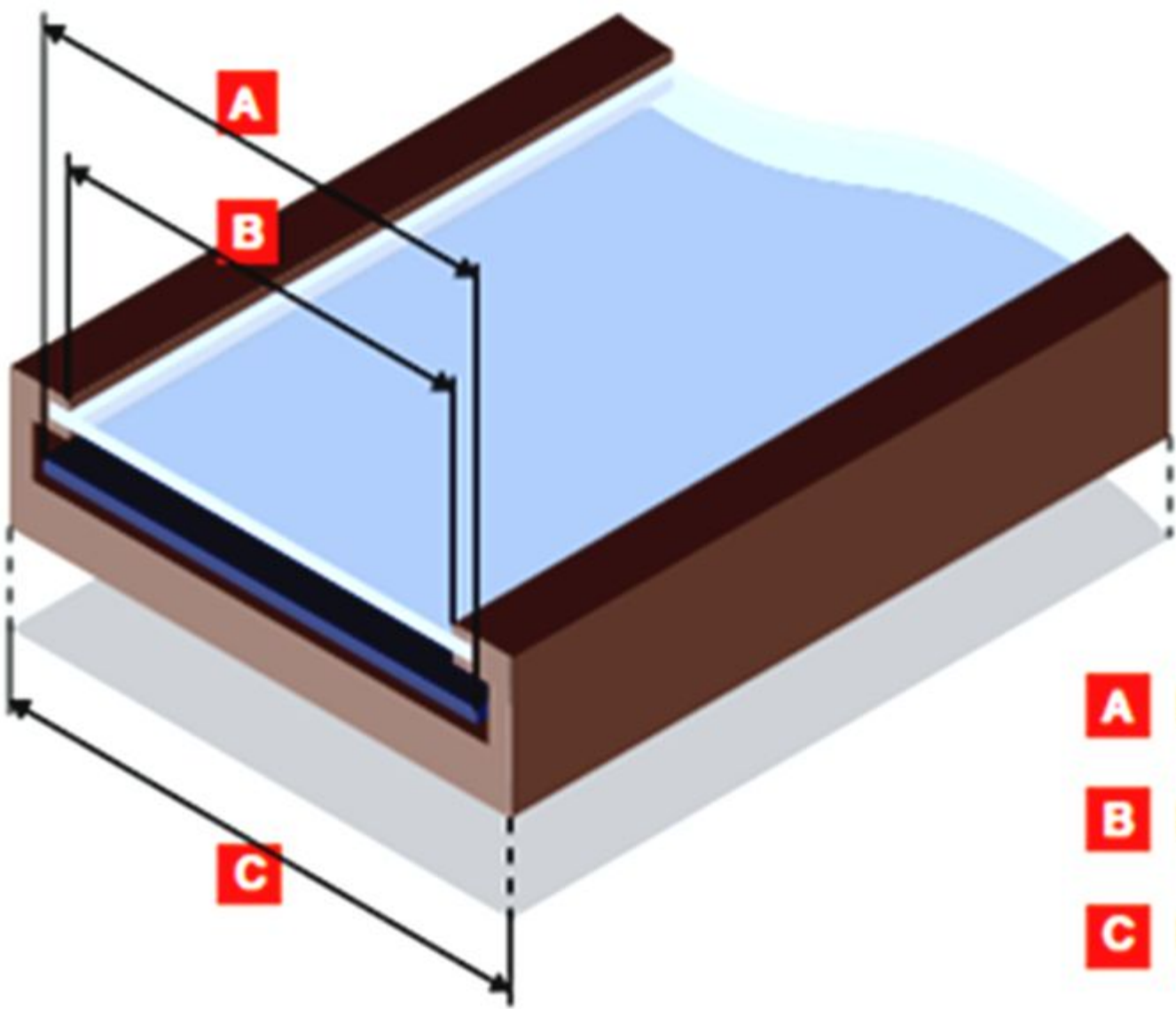
Сплошной коллектор

Коэффициент полезного действия (КПД) и площадь апертуры КСЭ

КПД солнечного коллектора - доля солнечного излучения, попадающая на площадь апертуры коллектора, которая преобразуется в полезную тепловую энергию.

$$\eta = \eta_0 - \frac{k_1 \cdot \Delta T}{E_g} - \frac{k_2 \cdot \Delta T^2}{E_g},$$

Площадь апертуры коллектора - это максимальная проецируемая площадь, через которую может поступать солнечное излучение.

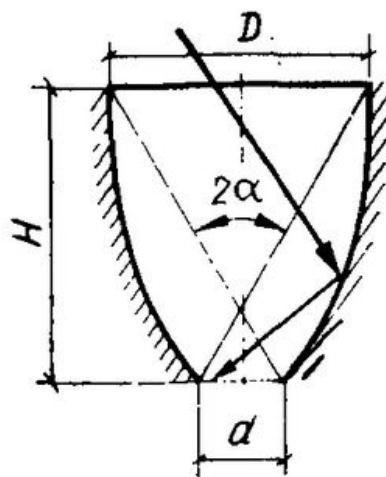
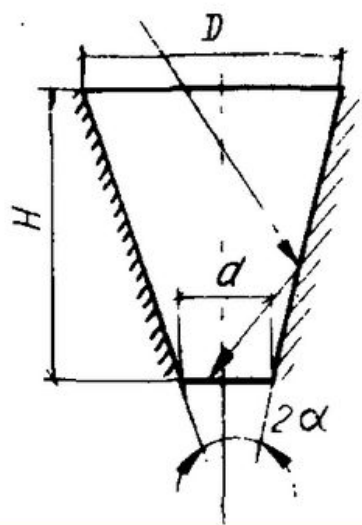
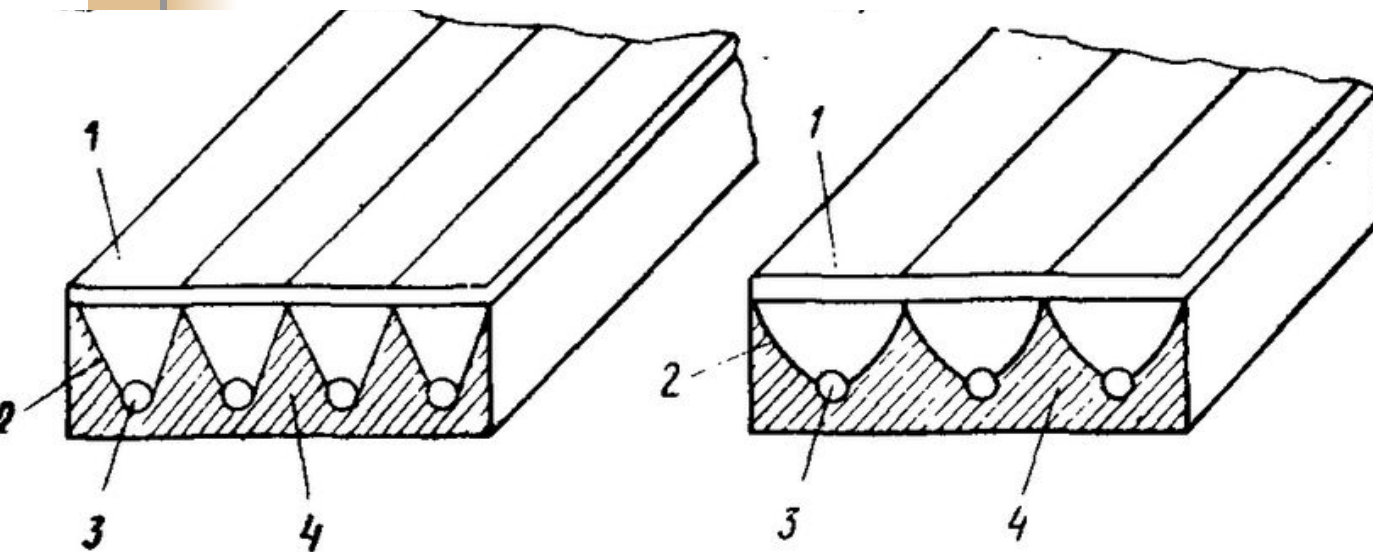


- A** Площадь панели
- B** Площадь апертуры
- C** Площадь брутто

Вакуумированный трубчатый коллектор

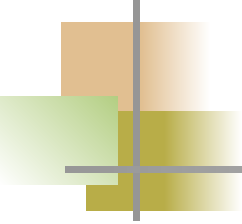


Концентрирующие водонагреватели с фоклинами



а — двугранный;
б — параболо-
цилиндрически
й;

- 1 — прозрачное
покрытие;
2 — отражающая
поверхность;
3 - каналы с
теплоносителе
м;
4 — теплоизоля-
ция



Фотоэлектрические преобразователи

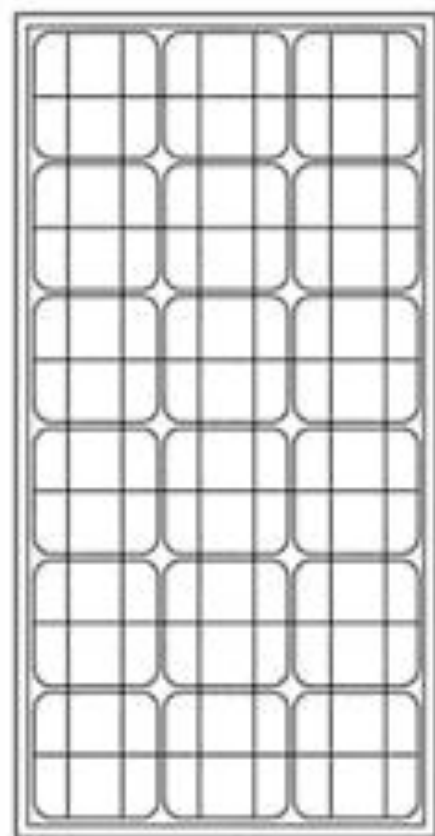
Для преобразования солнечной энергии в электрическую используются специальные солнечные батареи (модули) состоящие из множества ячеек - фотоэлементов.

Фотоэлемент – это особый вид полупроводникового диода, который преобразует солнечное излучение в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах в электроэнергию.

Кремниевый фотоэлемент (КФЭ)

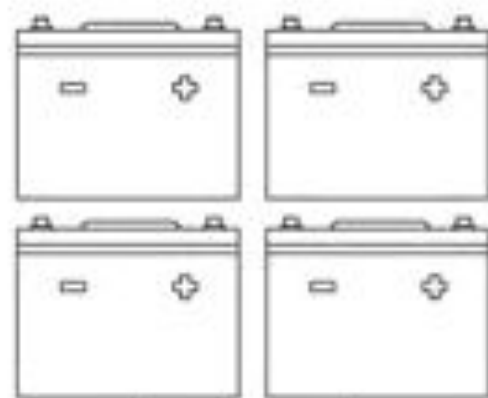
$$P_{\max} = U_{\text{вых}} \cdot I_{\max}$$



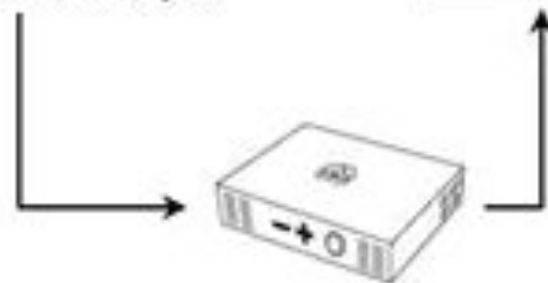


Солнечный модуль

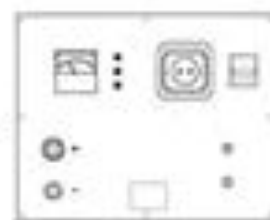
Аккумуляторы



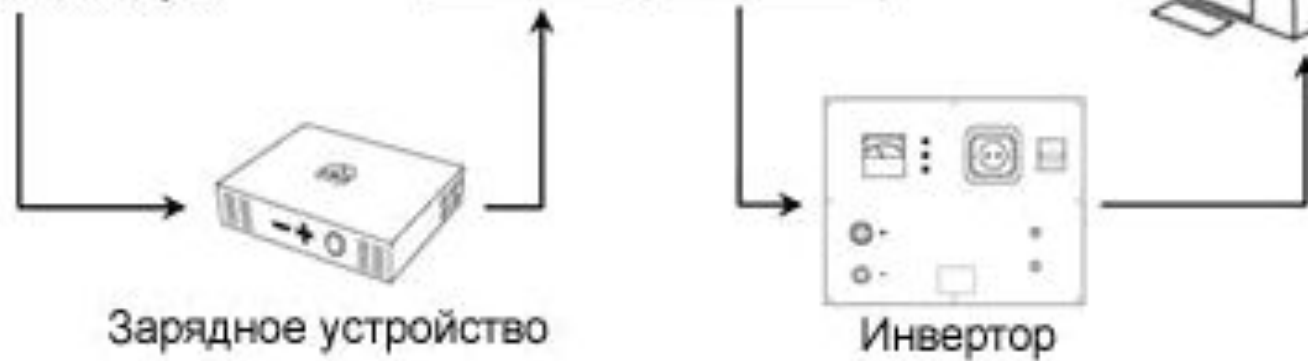
Потребители



Зарядное устройство

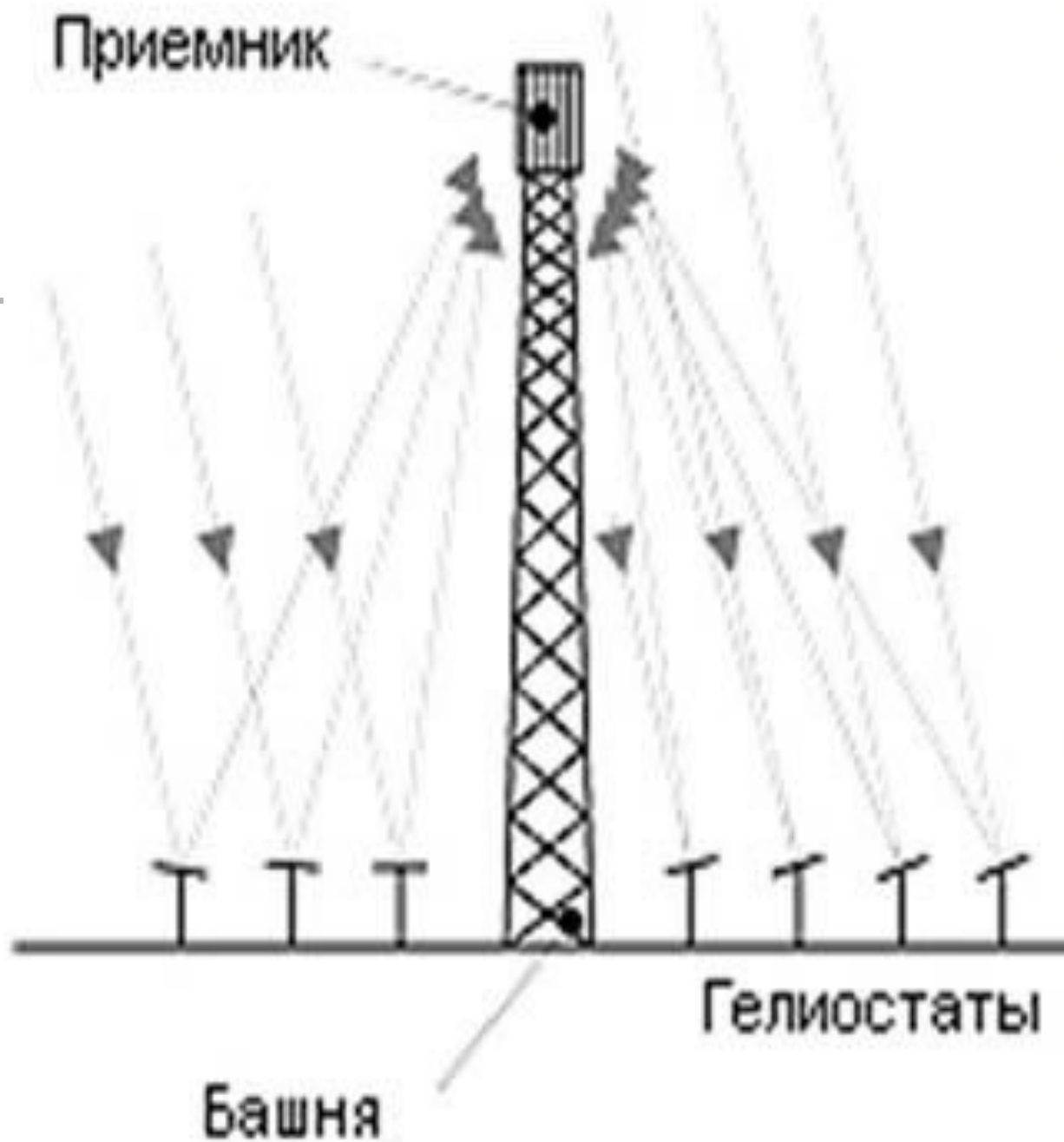


Инвертор

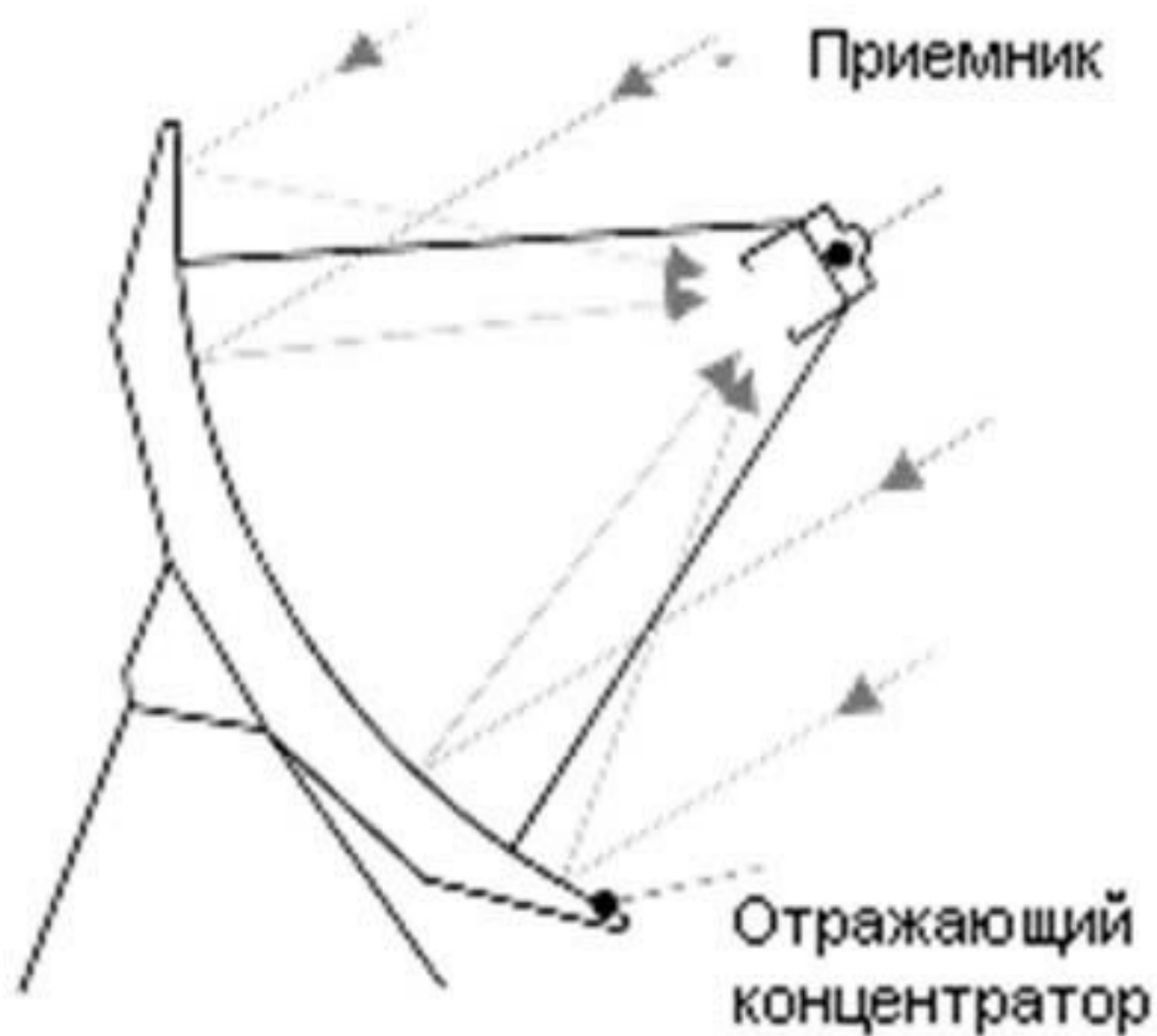


Солнечные ТЭС

Башенная СТЭС



Тарельчатая СТЭС



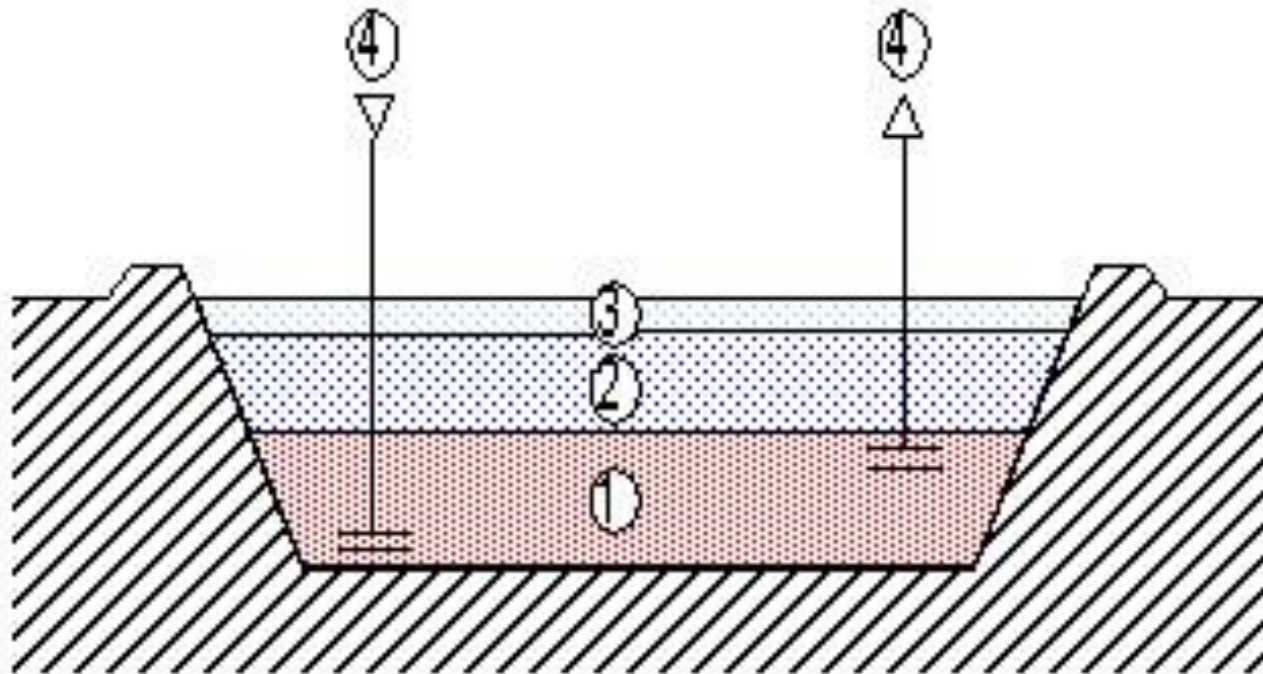
СТЭС с параболическим концентратором



Комбинированные СТЭС



Солнечные пруды



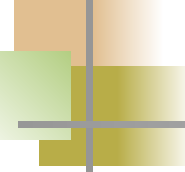
1. Высокая концентрация соли

2. Средний слой.

3. Низкая концентрация соли

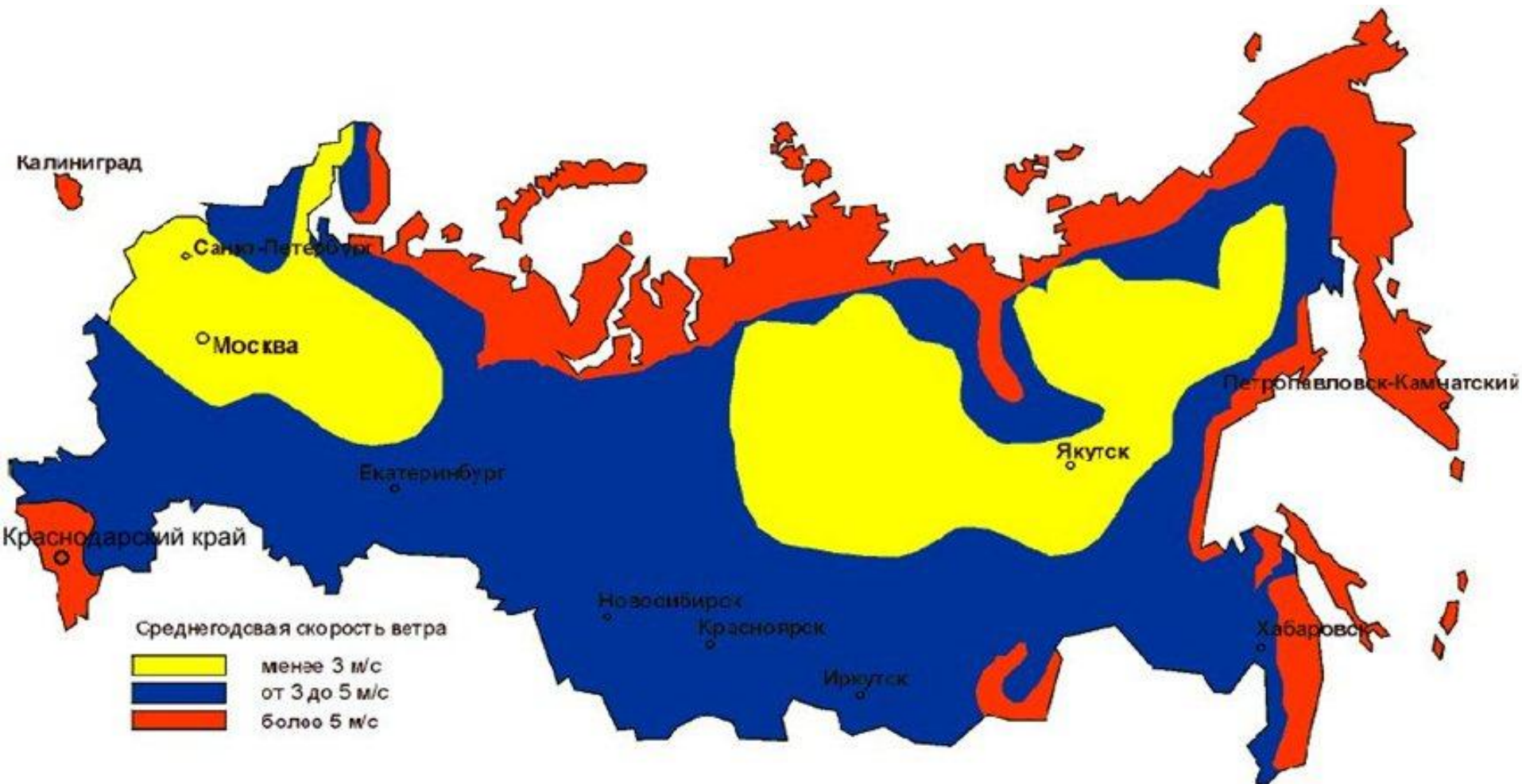
4. Холодная вода "в" и горячая вода "из"

Лекция 3. Ветроэнергетика



Целесообразность применения ветроэнергетических установок (ВЭУ) напрямую связана с расположением ветровых зон. *«Национальный Кадастр ветроэнергетических ресурсов России»* содержит систематизированный свод сведений о полученных эмпирическими и расчетными методами динамических и энергетических характеристиках ветра в приземном и пограничном слое атмосферы, его временной и пространственной структуре и изменчивости на территории России, а также об энергетической и экономической эффективности современных ВЭУ в различных ветроклиматических регионах страны.

Графический кадастр



Скорость ветра

До высоты 100 м скорость ветра может быть приблизительно определена по формуле:

$$\omega_h = \omega_0 \ln \frac{h - h_0}{h_{ПР}}$$

Удельная мощность ветрового потока, проходящего через единицу площади поперечного сечения, определяется по формуле:

$$N_{\text{в}} = \frac{m \cdot \omega^2}{2}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$



Классификация ВЭУ

По мощности:

- малые – до 10 кВт;
- средние – 10-100 кВт;
- крупные – 100-1000 кВт;
- сверхкрупные – свыше 1000 кВт.

По отношению рабочего колеса к направлению воздушного потока:

- горизонтальные (параллельные);
- вертикальные.

Мощностные режимы работы ВЭУ:

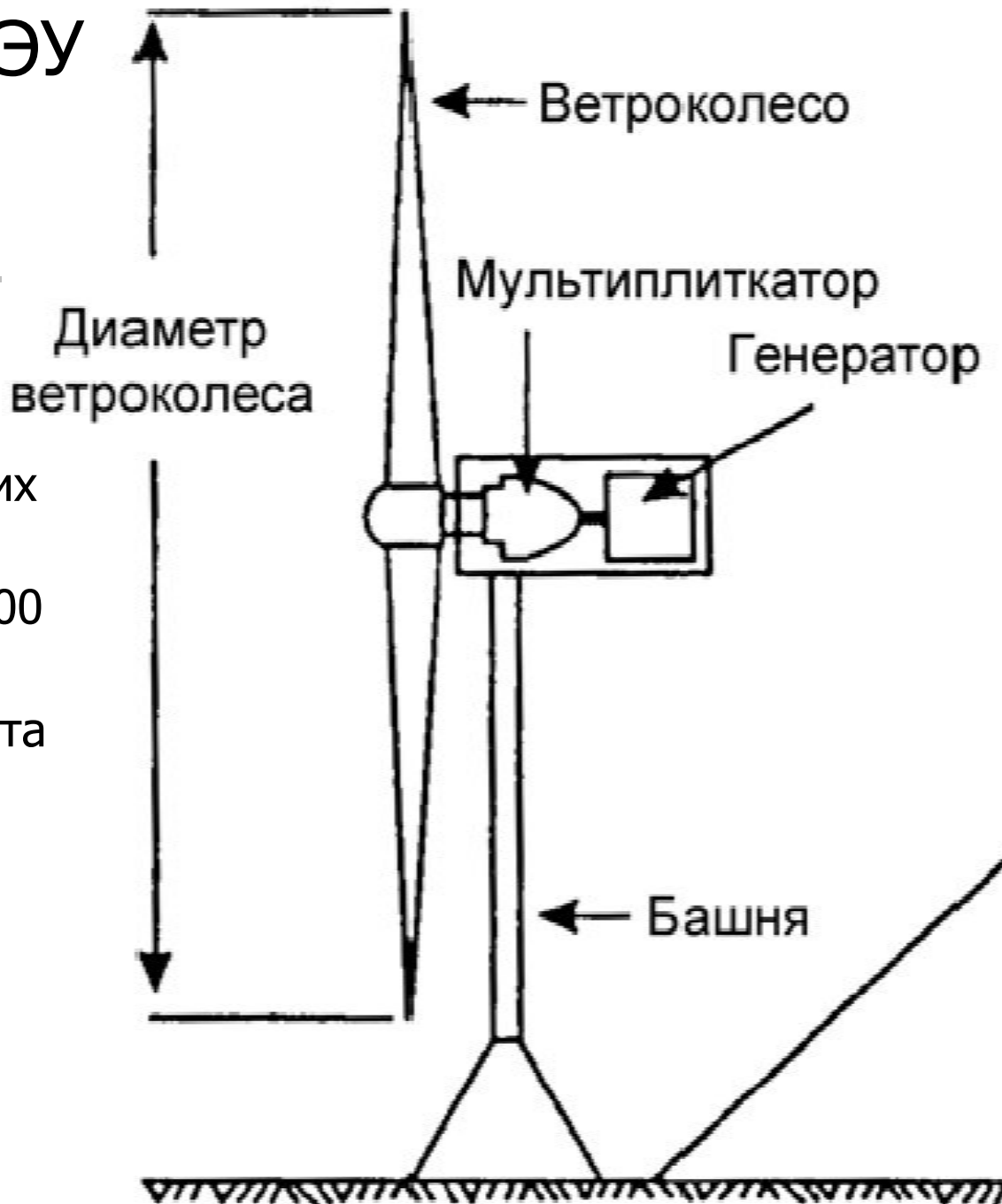
- 1 режим** – $0 \leq \omega \leq \omega_p^{\min}$ – мощность ВЭУ нулевая, т. к. скорость ветра недостаточна для запуска турбины;
- 2 режим** - $\omega_p^{\min} \leq \omega \leq \omega_p^{\max}$ – оптимальный режим работы, мощность меняется в зависимости от скорости ветра и частоты вращения ротора;
- 3 режим** - $\omega > \omega_p^{\max}$ – мощность ВЭУ нулевая, т.к. возникает принудительное торможение ротора и он разворачивается параллельно вектору скоростей ветра.

Для малых и средних ВЭУ $\omega_p^{\min} = 2,5...4$ м/с,
 $\omega = 8...10$ м/с; для крупных ВЭУ $\omega_p^{\min} = 4...5$ м/с,

Горизонтальная ВЭУ



Диаметр ротора – от нескольких метров до сотен метров;
Частота вращения - от 15 до 100 об/мин;
Высота башни – от десяти до ста метров.



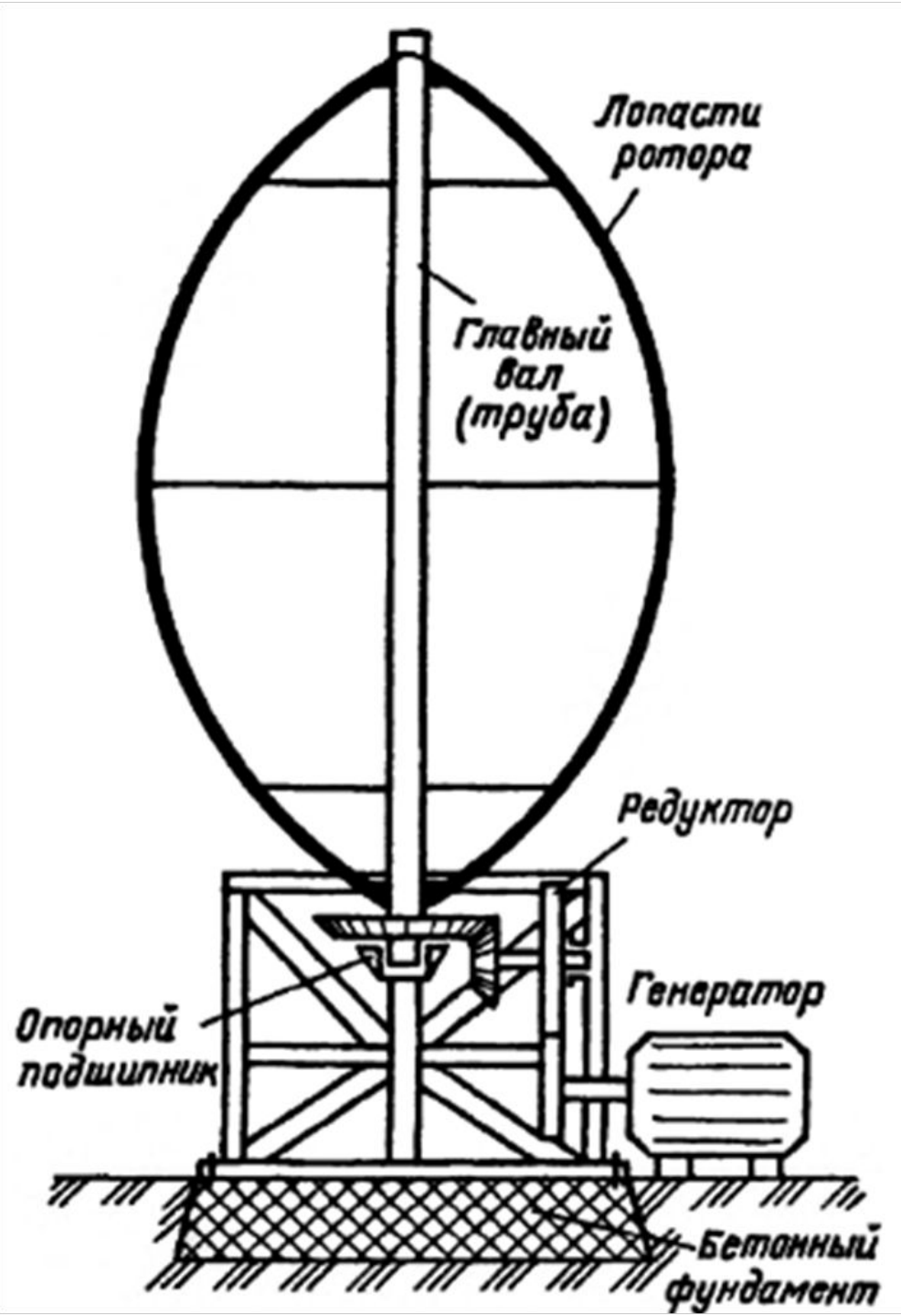
Вертикальная ВЭУ (ротор Дарье)

Достоинства:

- способны работать и при меньшей мощности ветра;
- не требуется сооружения очень прочной башни.

Недостатки:

- работает лишь половина лопастей;
- конструкция занимает большую территорию





а)



б)



в)



г)



д)

а) ротор Савониуса

б) ротор Дарье

в) ротор Виндсайт (разновидность ротора Савониуса)

г) ротор Масгроува

д) геликоидная турбина Горлова



«Росток»



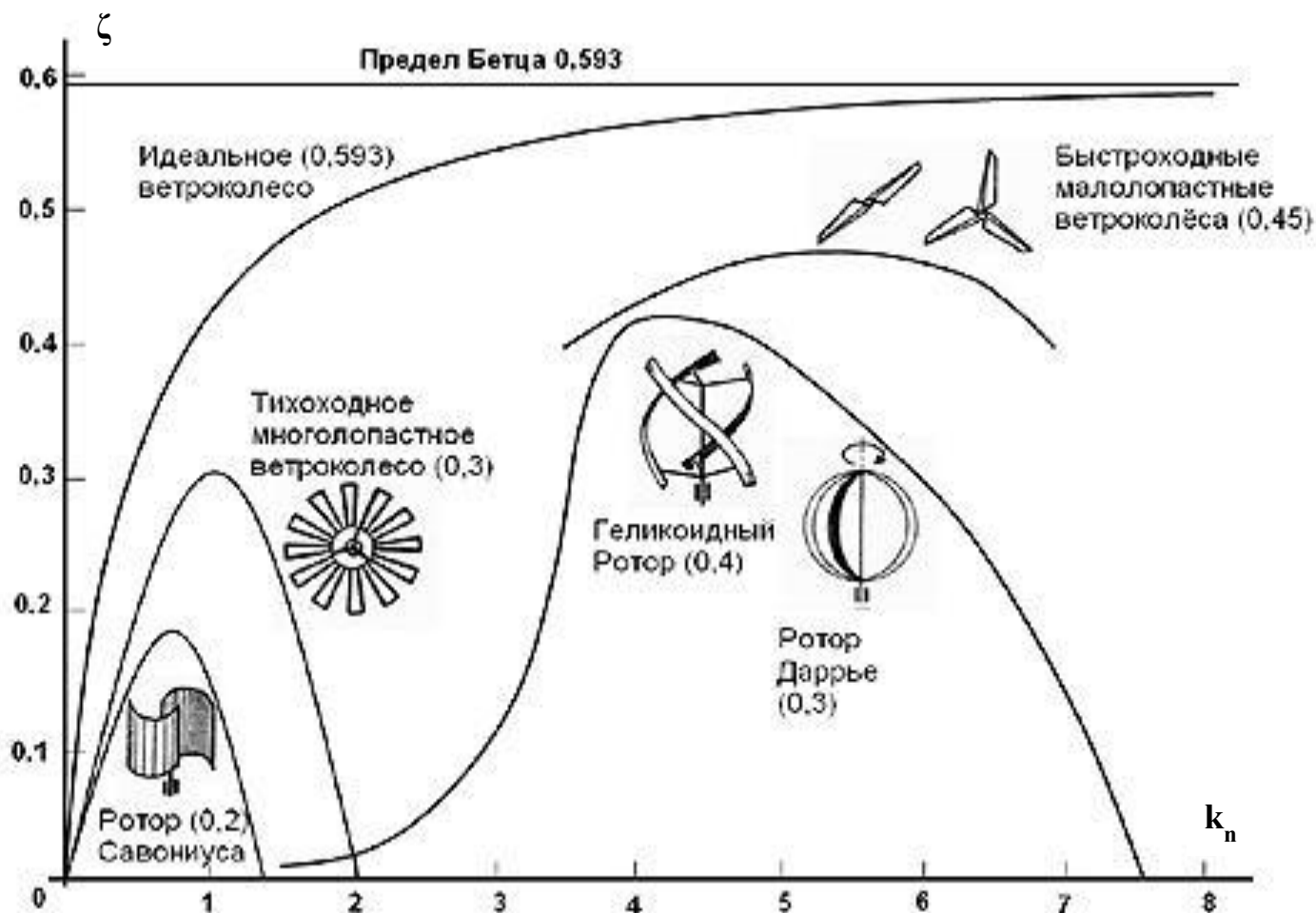
OCA-300-12



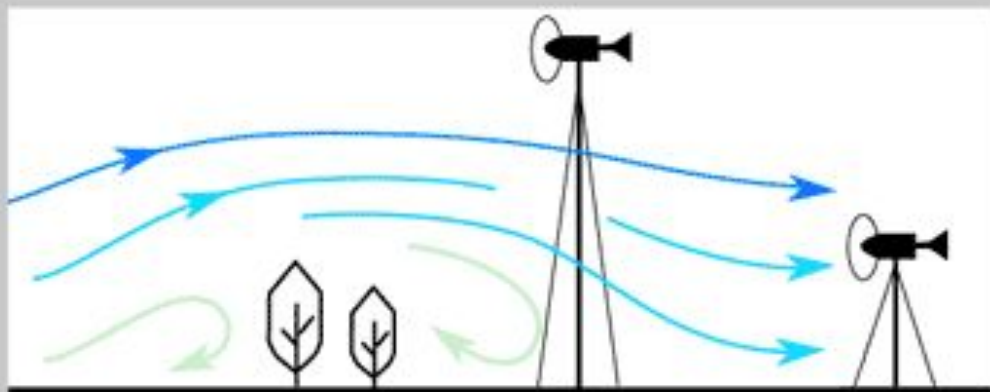
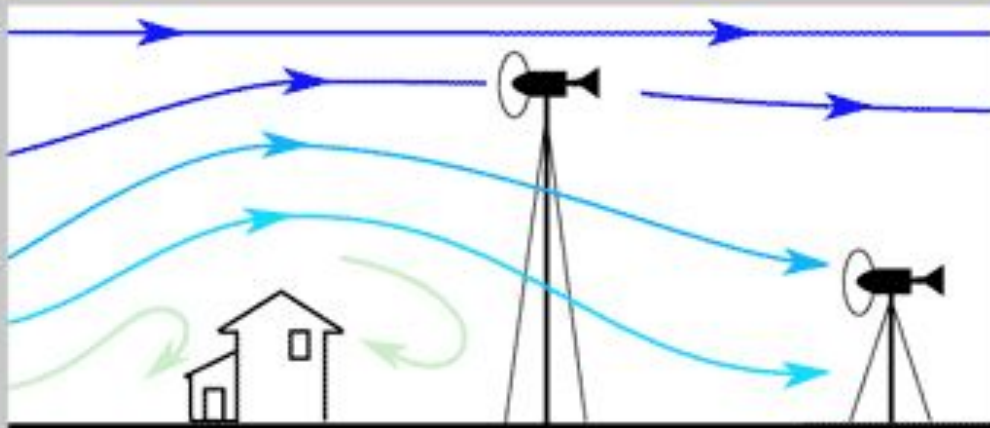
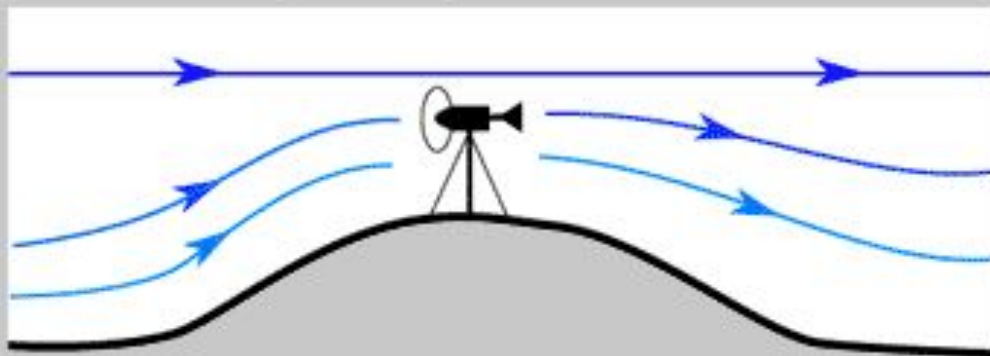
Коэффициент использования энергии ветра -

- отношение механической мощности, развиваемой ветродвигателем, к механической мощности воздушного потока, протекающего через пространство, ометаемое рабочими поверхностями ветродвигателя (ζ). Для идеального ветродвигателя, в котором не учитываются никакие потери, величина ζ не может быть более 0,593 - предел Бетца.

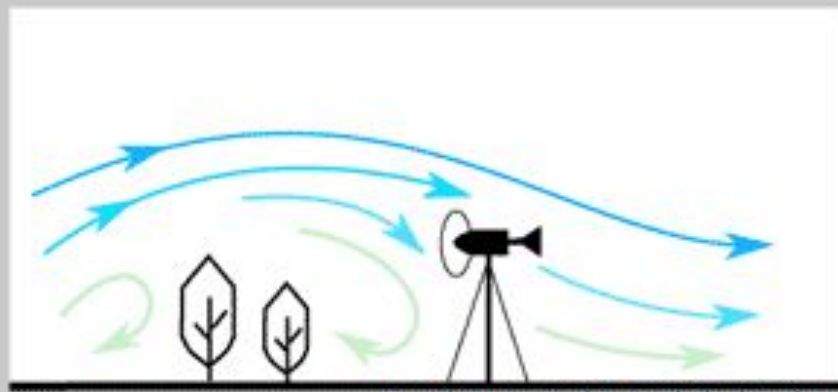
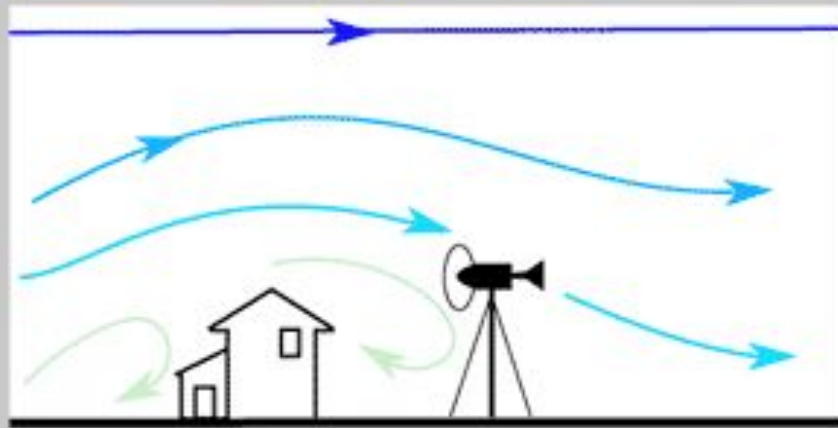
Быстроходность ветрогенератора (k_n) – это отношение линейной скорости наиболее удаленной от оси вращения ветродвигателя точки лопасти к скорости ветра.



ВЕРНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ

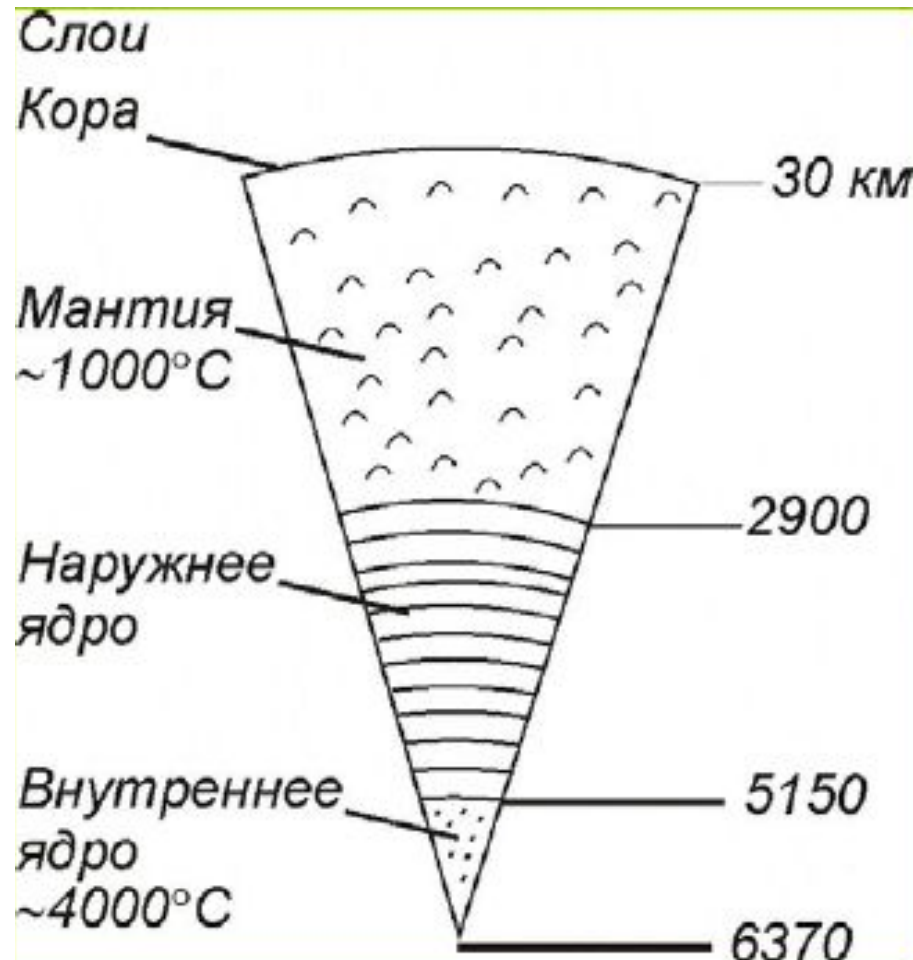


ОШИБОЧНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ



Лекция 4. Геотермальная энергетика

Интервал глубины, на котором наблюдается повышение температуры на 1°C называется геотермической ступенью.





Три класса геотермальных районов:

- 1) Геотермальные. Температурный градиент более $80^{\circ}\text{C}/\text{км}$. Расположены в тектонических зонах на границе континентальных плит.
- 2) Полутермальные. Температурный градиент от 40 до $80^{\circ}\text{C}/\text{км}$. Извлечение тепла производится из естественных водоносных пластов (*гидротерм*) или из раздробленных сухих пород.
- 3) Нормальные. Температурный градиент до $40^{\circ}\text{C}/\text{км}$. Этот класс наиболее распространен и пригоден для использования низкопотенциальных геотермальных установок.



По температуре геотермальные воды классифицируются на:

- Слаботермальные – до 40 °С;
- Термальные – 40-60°С;
- Высокотермальные – 60-100°С;
- Перегретые – более 100 °С.

Соффиони — подземные источники перегретого пара, образовавшиеся в результате нагрева грунтовых вод горячими газами от магматического очага.



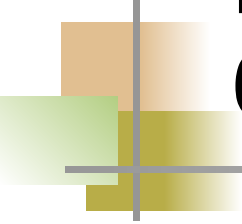
По химическому составу:

- гидрокарбонатно-натриевые
- сульфатно-натриевые
- хлормагниевые
- хлоркальциевые




По степени минерализации:

- пресные – до 1 г/л;
- солоноватые – 1-10 г/л;
- соленые – 10-50 г/л
- рассолы– более 50 г/л (до 600 г/л)



По степени водоотдачи скважины бывают:

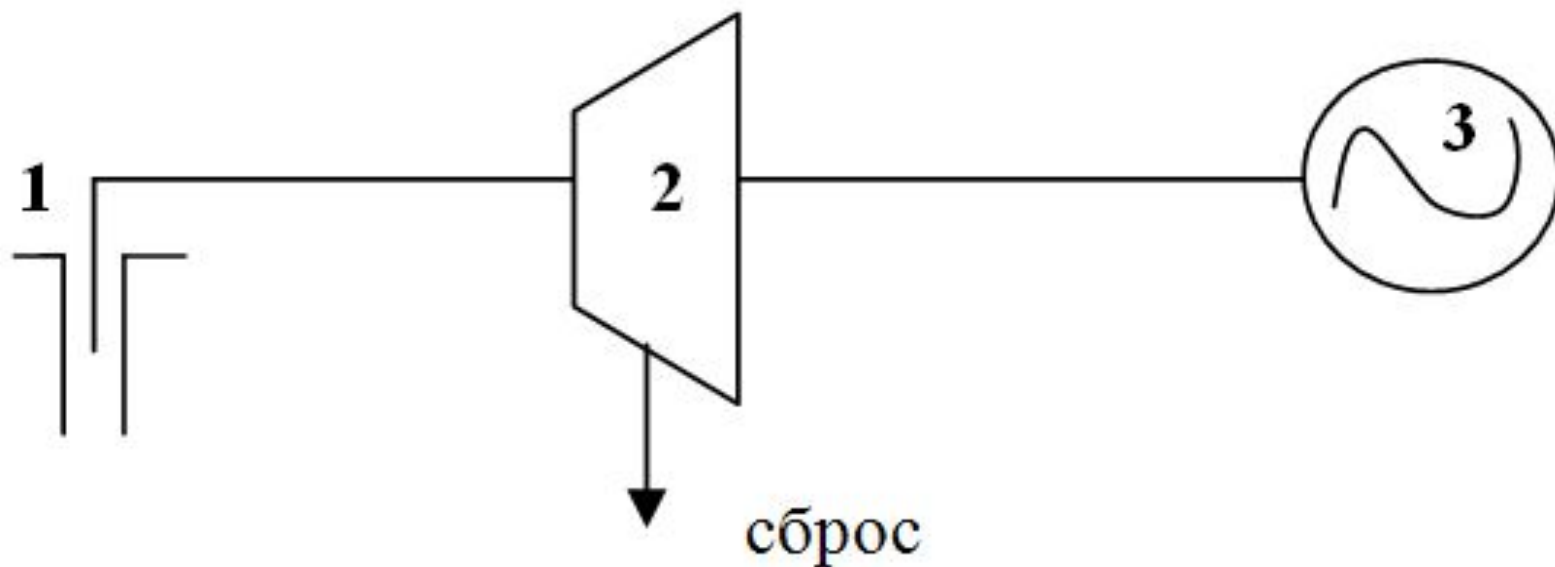
- малодобитные – до $0,005 \text{ м}^3/\text{с}$;
- среднедобитные – $0,005-0,02 \text{ м}^3/\text{с}$;
- высокодобитные – более $0,02 \text{ м}^3/\text{с}$



Наиболее рационально использовать термальные воды в последовательном цикле: электроэнергия → отопление → горячее водоснабжение.

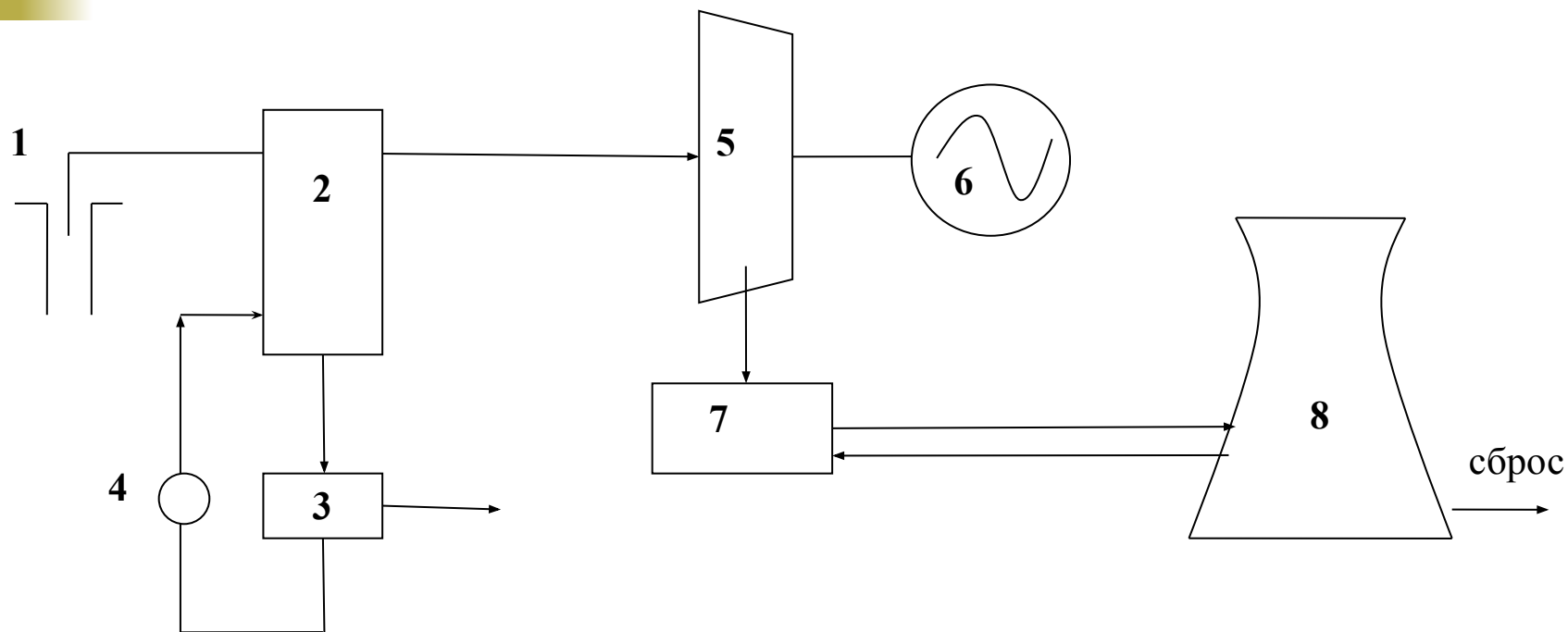
Если температура воды менее 120 °С, то первая ступень исключается.

Открытая схема прямого действия для получения электроэнергии



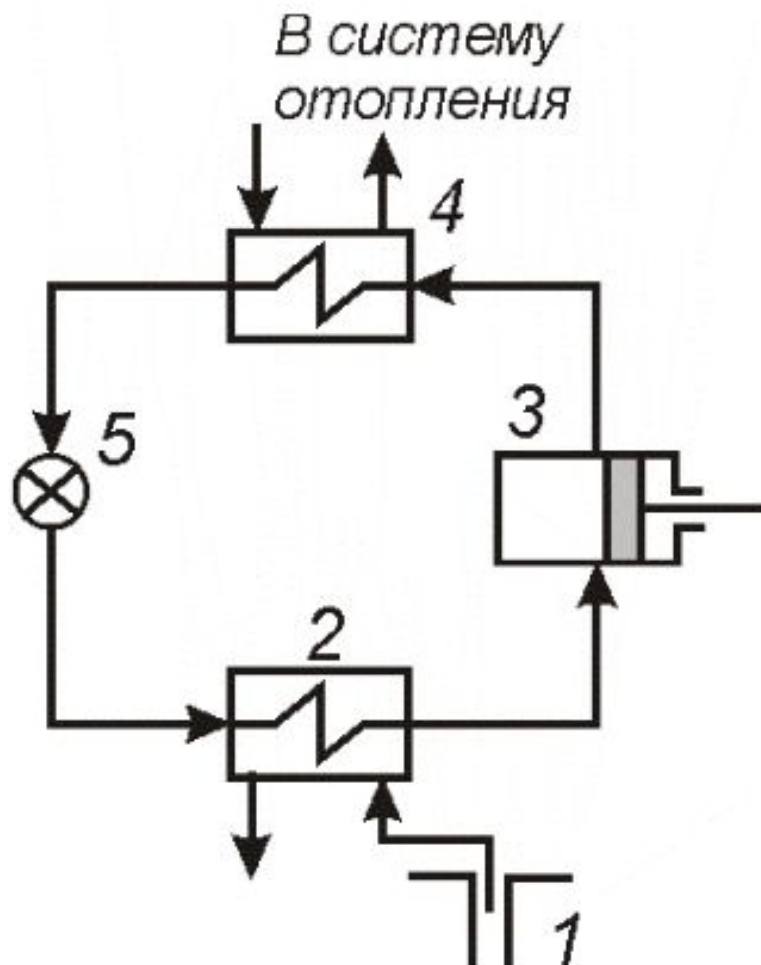
1 – скважина (соффиони); 2 – паровая турбина; 3 – генератор

Открытая схема непрямого (косвенного) действия



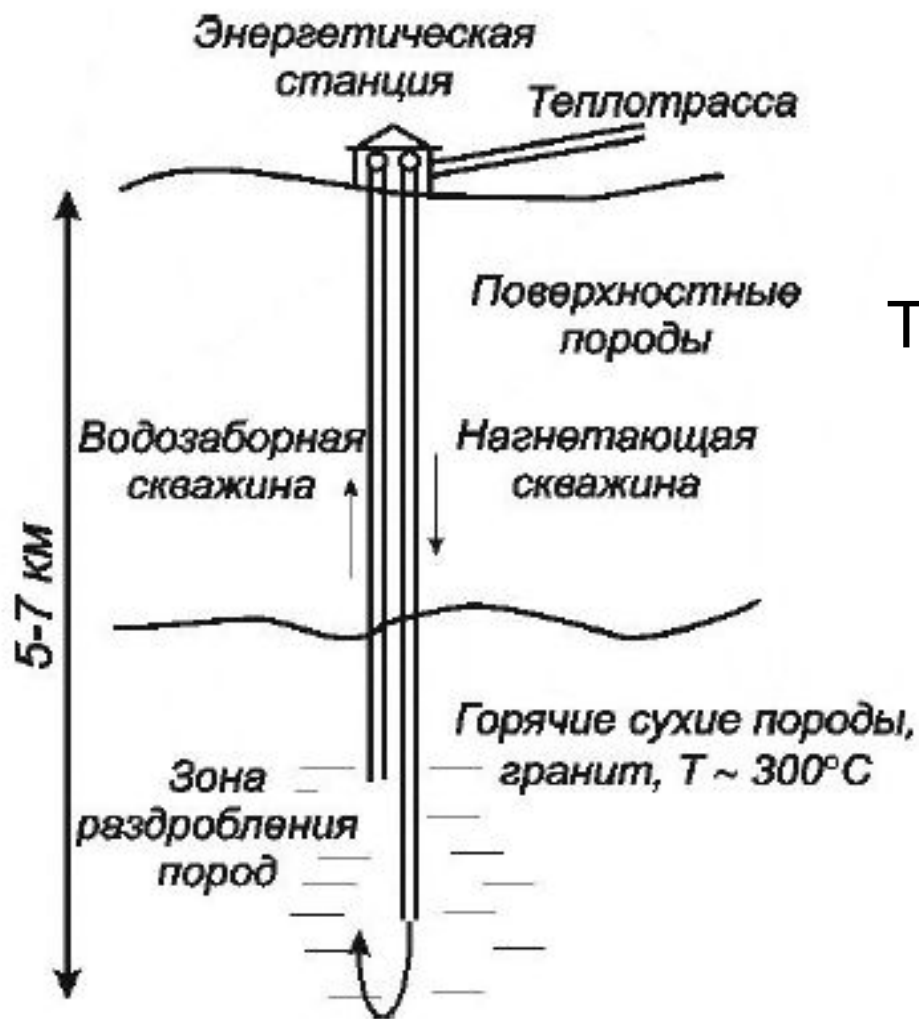
1 – скважина; 2 – теплообменник; 3 – дегазатор;
4 – насос; 5 – паровая турбина; 6 – генератор;
7 – конденсатор; 8 – градирня

Для получения электроэнергии и нагрева воды для ГВС используются схемы с тепловым насосом:



- 1 – скважина;
- 2 – испаритель;
- 3 – компрессор;
- 4 – конденсатор;
- 5 – регулирующий вентиль

Петротермальная энергия



Температурный градиент:
80-100 °С/км

Схема извлечения тепла из сухих горных пород

Лекция 5. Энергия рек, морей и океанов

Классификация источников гидроэнергии:

- 1) Свободнопоточные ГЭС:
 - а) речных течений;
 - б) течений в искусственных безнапорных водоводах;
 - в) неперiodического течения;
- 2) Гидроаккумулирующие ЭС;
- 3) Приливные ГЭС;
- 4) Волновые ГЭС;
 - а) береговые;
 - б) в акватории в зоне свободных волн.
- 5) Низкопотенциальные ГЭС



Свободнопоточные ГЭС

ПО НАПОРУ:

- высоконапорные (более 80 м),
- средненапорные (от 80 до 25 м)
- низконапорные (до 25 м)

ПО ОТВОДУ ПОТОКА

- плотинные
- деривационные

* К альтернативным речным ГЭС относятся малые, микро и нано ГЭС.

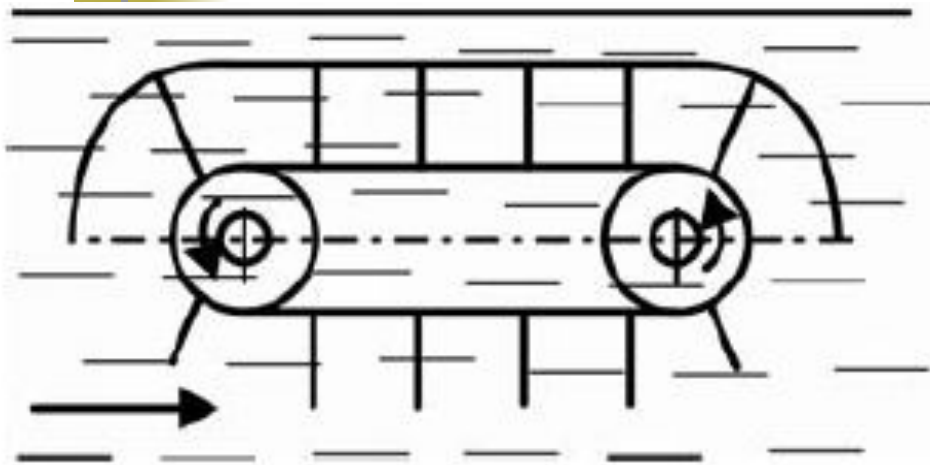
- Турбина Каплана



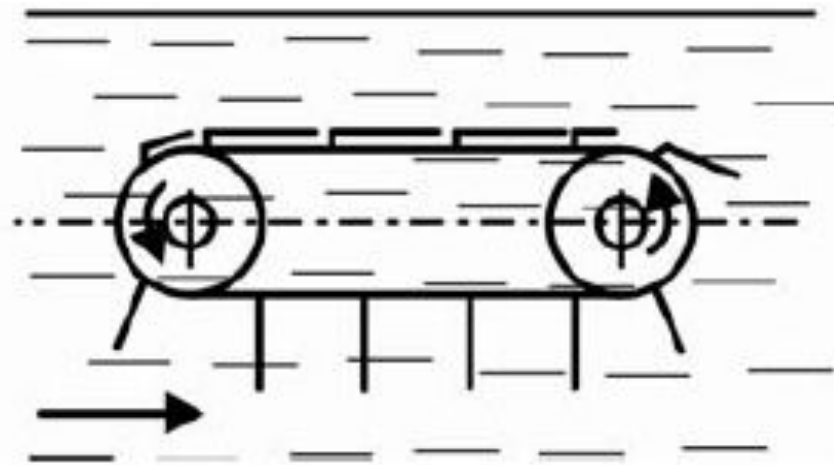
- Турбина Турго



Энергия морских и океанических течений



(а) ленточное колесо с воздушной камерой



(б) колесо со складными лопастями



Требования к размещению свободнопоточных ОГЭС:

1. значительное заглубления в толщу воды и надежная якорная система;
2. устойчиво высокие, стабильные по скорости и направлению потоки;
3. ровный рельеф дна.



Гидроаккумулирующие ЭС

- два бассейна, расположенные на разных высотах.

В часы потребления энергии вода перетекает под напором из верхнего бассейна в нижний, вращая турбину. В часы спада потребления энергии вода перекачивается обратно в верхний бассейн.



Приливные ГЭС

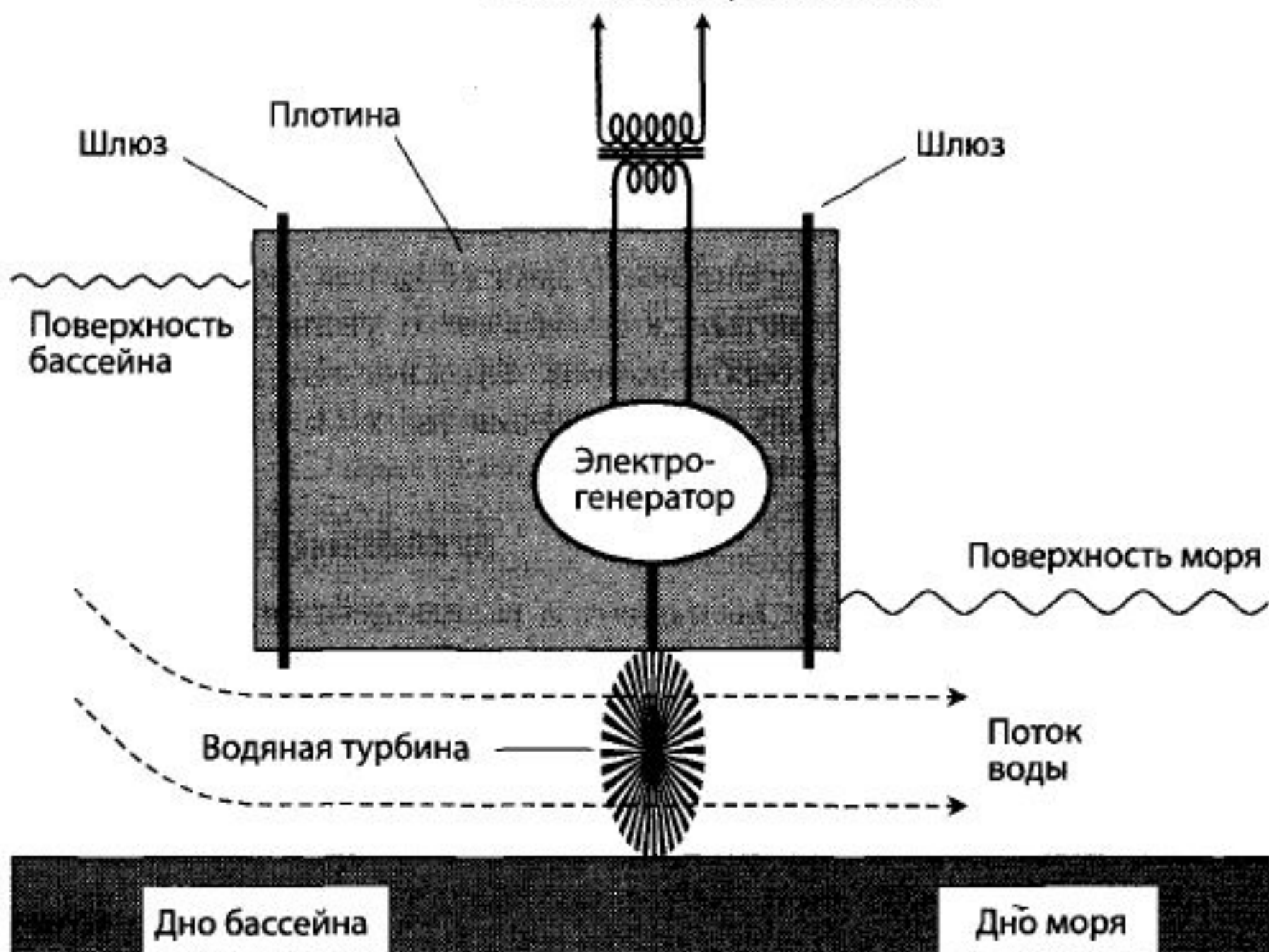
Максимальная мощность прилива:

$$W = \rho \cdot g \cdot S \cdot R^2, \text{ Вт}$$

Электрическая мощность:

$$q_{\text{ср}} = 0,1 \cdot \rho \cdot \omega^3, \text{ кВт/м}^2$$

К линиям электроснабжения





Волновые ГЭС

Волновой потенциал морей России:

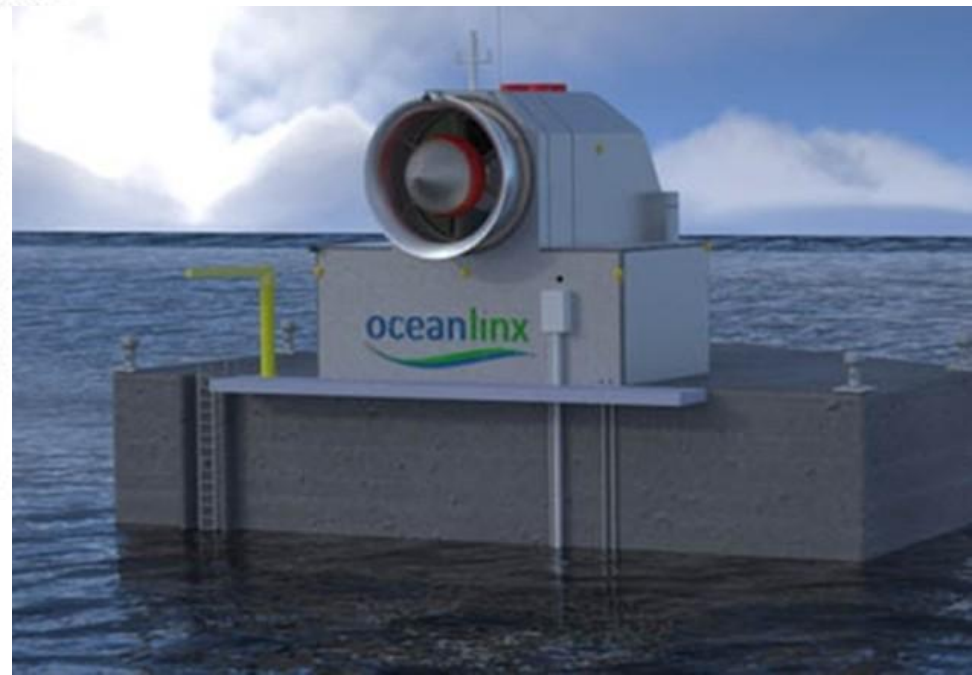
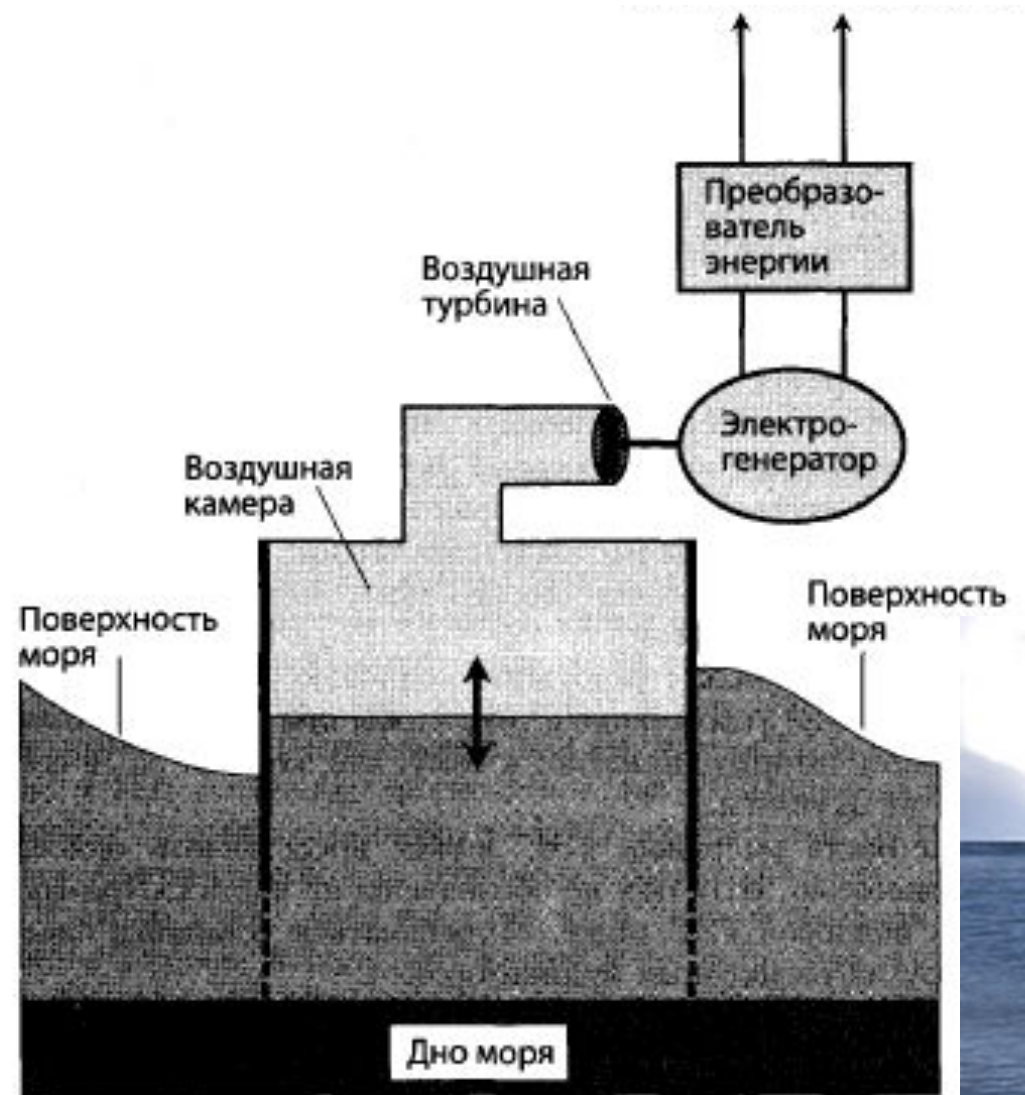
Море	Мощность, кВт/м	Море	Мощность, кВт/м
Азовское	3	Охотское	12-20
Черное	6-8	Берингово	15-44
Балтийское	7-8	Японское	21-31
Каспийское	7-11	Баренцево	20-25



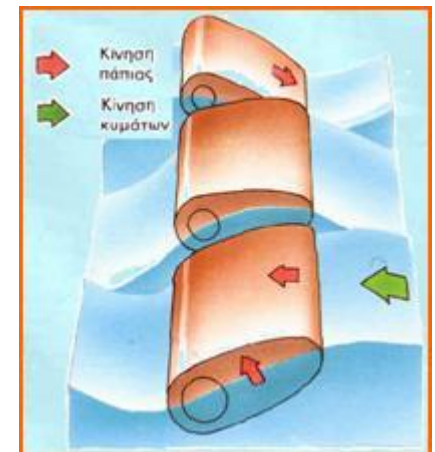
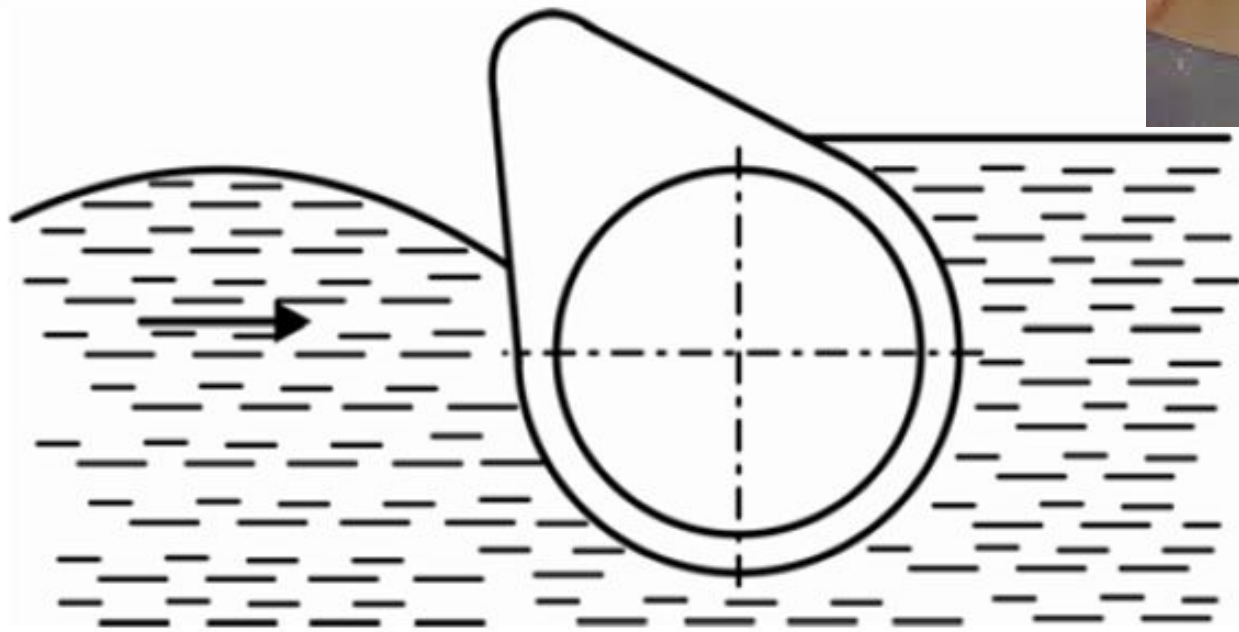
Классификация по принципу работы

1. Использование давления вертикальных подъемов и спадов волны.
2. Использование горизонтального перемещения волн и угла их наклона.
3. Концентрация волн в сходящемся канале.

Поневмобуй Масуды



«Утка» Солтера



Португальские змеи Pelamis



Лекция 6. Получение энергии из биомассы и отходов



Ресурс	Метод	Подведенный энергоресурс
Сухая древесина и ее отходы, топливные брикеты и пеллеты	прямое сжигание	тепловая и электроэнергия
	газификация	метанол, водород, аммиак
	пиролиз	синтез-нефть, смола, пирогаз, биоуголь
	гидролиз	этанол
Осадки от механической и биологической очистки сточных вод; органическая часть ТБО	прямое сжигание и плазменная обработка	тепловая и электроэнергия
	газификация	синтез-газ (водород)
	анаэробная ферментация	биогаз
Фитомасса и сахаросодержащие с/х отходы	спиртовая ферментация	этанол
	анаэробная ферментация	биогаз
Вода	электролиз; фотолиз; биофотолиз	водород
Биогаз и природный газ	каталитическая конверсия (паровая)	водород



Прямое сжигание

- 1) Слоевое сжигание отходов в топке мусоросжигательного котла.
- 2) Сжигание отходов в псевдоожиженном слое.
- 3) Сжигание топливных пеллет и брикетов



Биохимическая переработка

- Биогаз – анаэробная ферментация;
- Биодизельное топливо – эритрификация;
- Биоэтанол – спиртовое брожение;
- Бיוводород - ацетонобутиловое брожение, фотолиз



Термохимическая конверсия

- Пиролиз (сухая перегонка) - конверсия органического сырья при температуре 450-600 °С без доступа воздуха с получением газообразного, жидкого и твердого топлива.
- Газификация - сжигание биомассы при температуре 900-1500 °С в присутствии воздуха или кислорода и воды с получением синтезгаза.