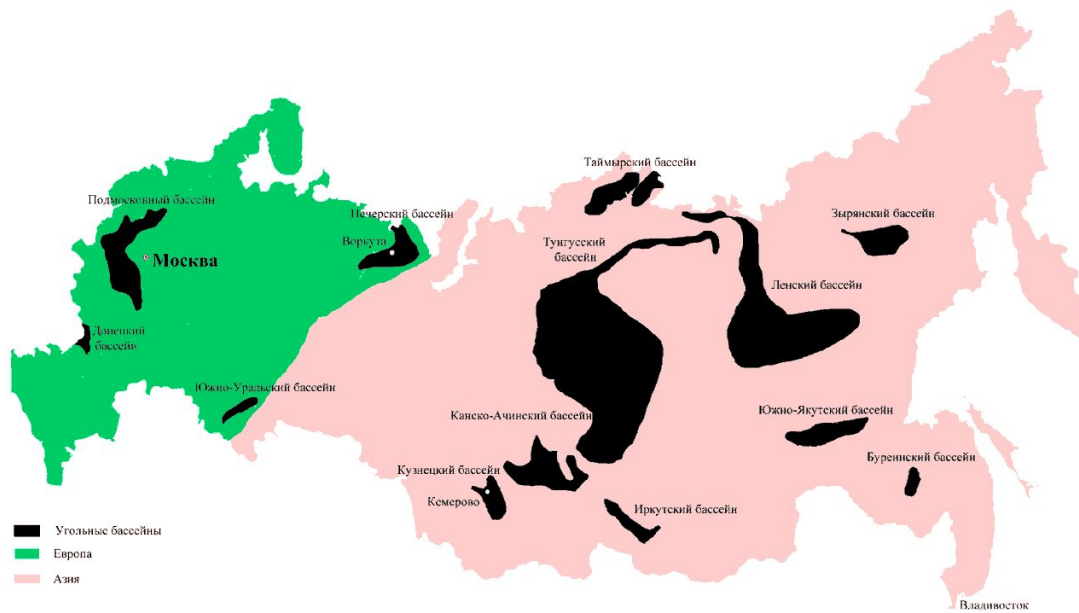


# Нетрадиционные источники энергии

# Введение

Добыча органического топлива в РФ:

- Каменный уголь – 280 млн. т.



# Нефть

В 2012 году в России было добыто 518 млн тонн нефти (3-е место в мире).

Запасы жидких углеводородов на 2007 год оценивались в размере не менее 9,5 млрд т.

Major Russian oil basins



# Природный газ

Основную часть природного газа составляет метан ( $\text{CH}_4$ ) — от 70 до 98 %. В состав природного газа могут входить более тяжёлые углеводороды — гомологи метана:

этан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ),  
пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ),  
бутан ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ).

600 млрд  $\text{м}^3$

Крупнейшие мировые газодобытчики

Страна	2010 <sup>[8]</sup>		2006	
	Добыча, млрд $\text{м}^3$	Доля мирового рынка (%)	Добыча, млрд $\text{м}^3$	Доля мирового рынка (%)
<a href="#">Россия</a>	647		673,46	18
<a href="#">США</a>	619		667	18
<a href="#">Канада</a>	158			
<a href="#">Иран</a>	152		170	5
<a href="#">Норвегия</a>	110		143	4

# Атомная энергетика

Россия обладает технологией атомной энергетики полного цикла: от добычи урановых руд до выработки электроэнергии; обладает значительными разведанными запасами руд, а также запасами в оружейном виде.

В настоящее время в России на 10 действующих АЭС эксплуатируется 35 энергоблоков общей мощностью 25 443 МВт, из них 18 реакторов с водой под давлением — 12 ВВЭР-1000, 6 ВВЭР-440; 15 канальных кипящих реакторов — 11 РБМК-1000 и 4 ЭГП-6; 2 реактора на быстрых нейтронах — БН-600 и БН-800.



# ГЭС

Саяно-Шушенская	6400	2014	Енисей
Красноярская	6000	1971	Енисей
Братская	4500	1966	Ангара
Усть-Илимская	3840	1979	Ангара
Богучанская	2997	2014	Ангара
Волжская	2629	1961	Волга
Жигулевская	2383	1957	Волга
Бурейская	2010	2007	Бурей

Суммарная установленная электрическая мощность гидроэлектростанций ЕЭС России на 1 января 2015 года составляет 47 712,39 МВт или 20,5 % от суммарной установленной мощности электростанций. По данным Русгидро, на конец 2013 года на территории функционируют 102 гидростанции мощностью свыше 100 МВт, а общая установленная мощность гидроагрегатов на ГЭС в стране составляет порядка 45 ГВт

# Гидроэнергия

Кинетическая энергия падающей воды используется для вращения турбины, на валу которой установлен генератор.

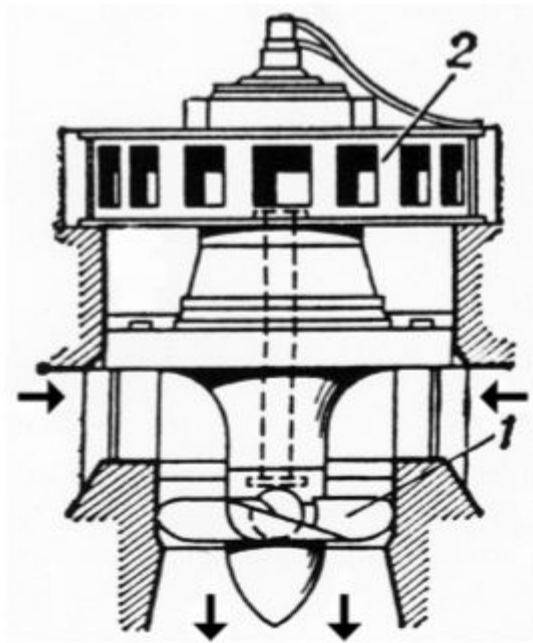
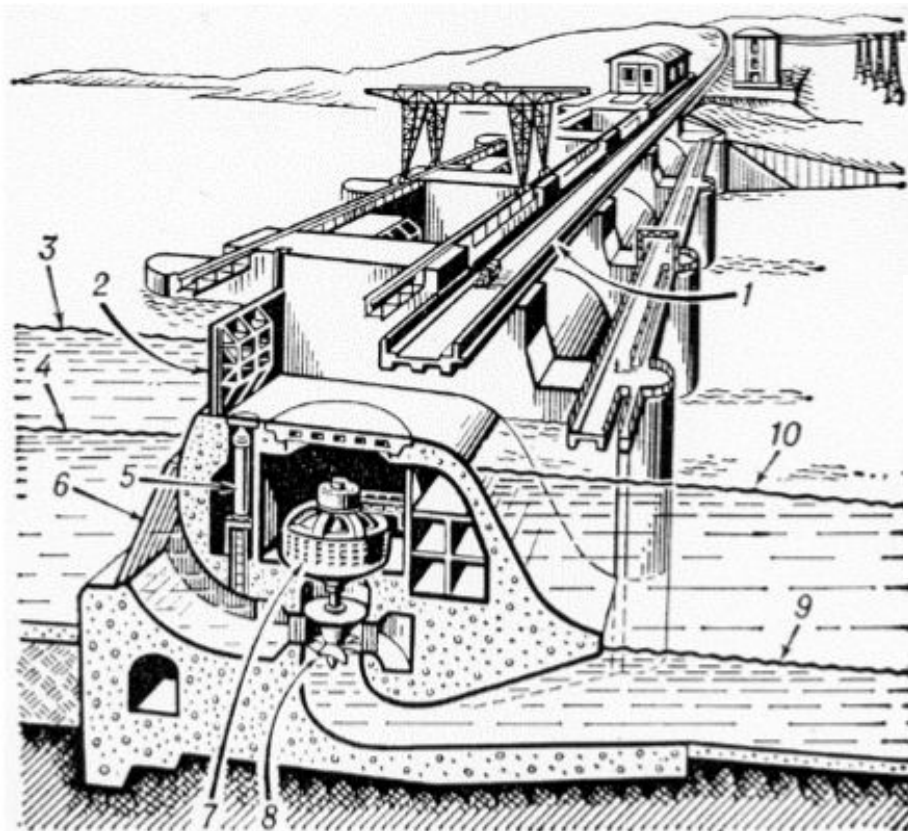


Рис. 1.1. Гидроагрегат  
1 – гидротурбина,  
2 - гидрогенератор



# Устройство ГЭС



Мощность  
гидроэнергетической  
установки:

$$N = \eta_r \eta_{эг} \rho g Q H_{\text{под}} / 1000, \text{ кВт},$$

где  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  – плотность воды,  
 $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение силы тяжести,  
 $Q$  – расход воды через гидротурбину,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  
 $H_{\text{под}}$  – напор воды, подведенный к гидротурбине, м,  
 $\eta_r$  – КПД гидротурбины,  
 $\eta_{эг}$  – КПД электрогенератора.

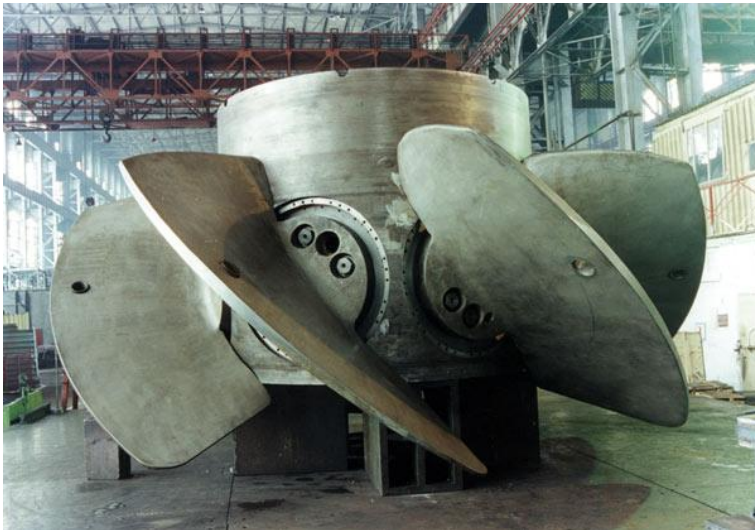
Рис. 1.2. Схема плотинной ГЭС:

1 – плотина; 2 – затворы; 3 – максимальный уровень верхнего бьефа; 4 – минимальный уровень верхнего бьефа; 5 – гидравлический подъемник; 6 – сорудерживающая решетка; 7 – гидрогенератор; 8 – гидравлическая турбина; 9 – минимальный уровень нижнего бьефа; 10 – максимальный паводковый уровень



# Гидротурбины

В гидротурбинах происходит преобразование потенциальной энергии воды в механическую энергию, передаваемую энергогенератору.



КПД – 0.85 – 0.9

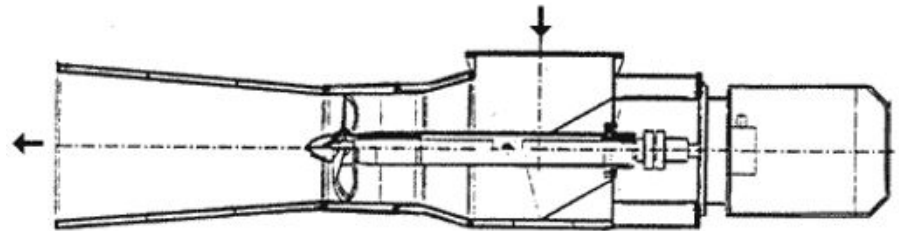
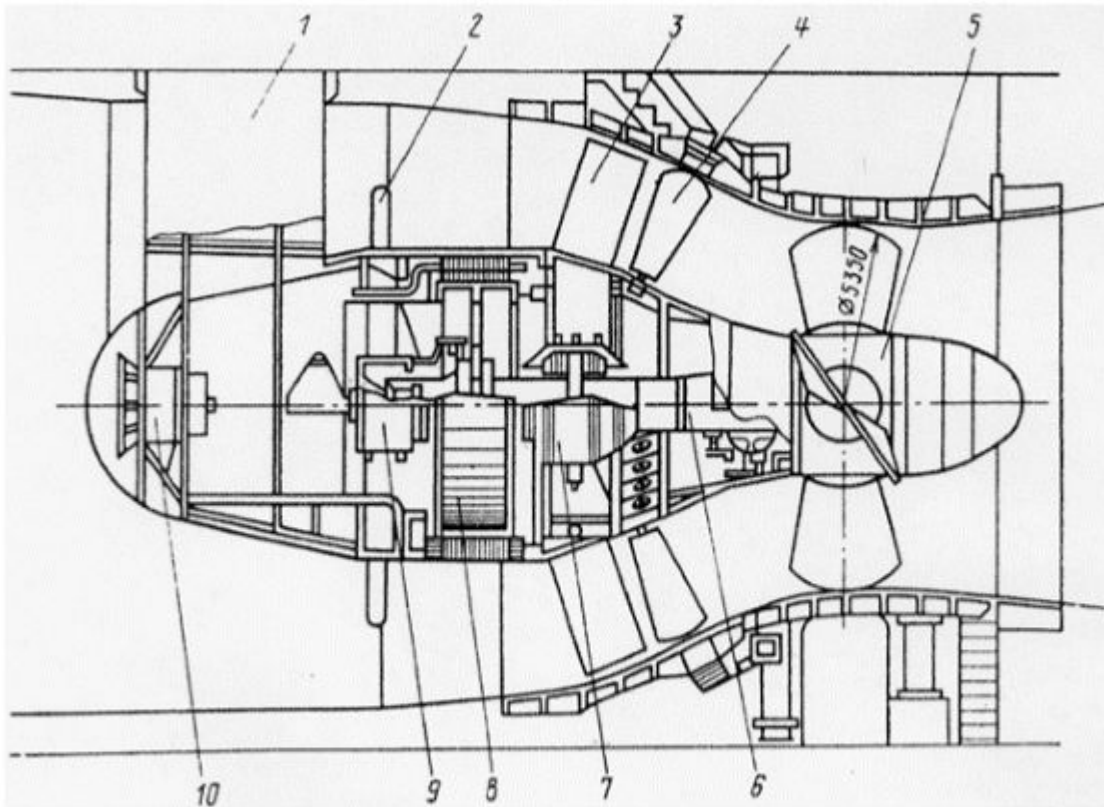


Схема горизонтального гидроагрегата

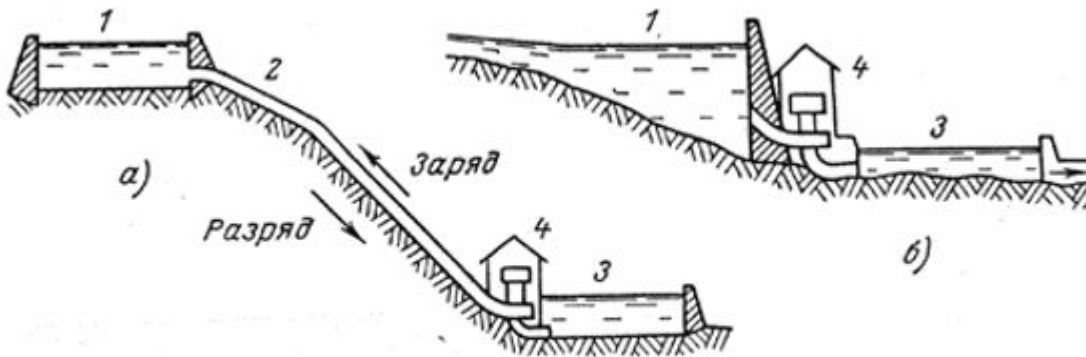
# Обратимые гидроагрегаты



Гидроагрегат ПЭС «Ле Ранс»

1 – проходная колонна; 2 – крепление гондолы; 3 – каналы статора; 4 – лопатка направляющего аппарата; 5 - рабочее колесо; 6 – вал; 7 – подшипник; 8 - электромашина (двигатель-генератор); 9 – подшипник; 10 - вентилятор

# Гидроаккумулирующие электростанции



Схемы гидроаккумулирующих станций:  
а – ГАЭС, б – ГЭС-ГАЭС

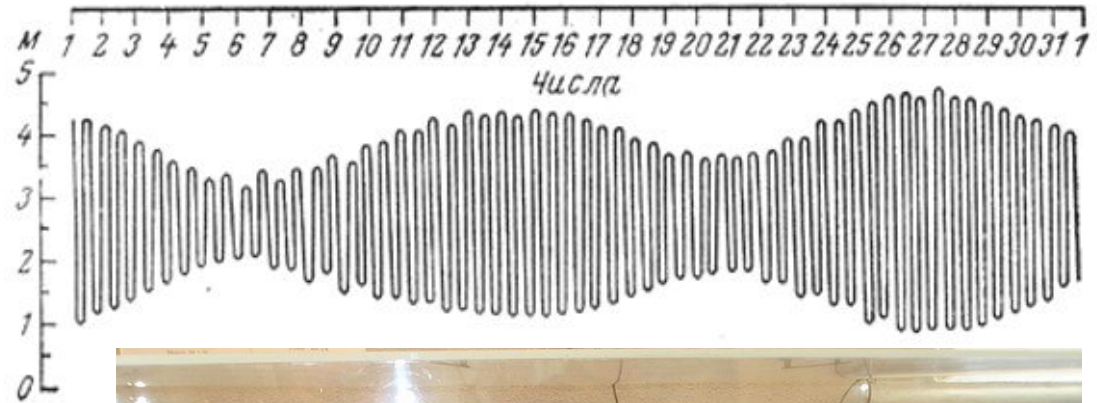
- Гидроаккумулирующий комплекс канала имени Москвы
- Кубанская ГАЭС
- Загорская ГАЭС

Мощность, затрачиваемая при заряде, когда ГАЭС работает в насосном режиме, равна

$$N_{\text{н}} = \eta_{\text{н}} \rho g Q H_{\text{н}} / 1000, \text{ кВт}, \quad (1.3)$$

где  $H_{\text{н}}$  - подведенный напор (сумма статического напора и потерь),  
 $\eta_{\text{н}}$  - КПД насосного режима.

# Приливные электростанции



$$N_{\text{п}} = 225 A^2 F, \text{ кВт},$$

где  $A$  – среднегодовая высота приливов, м,  
 $F$  – площадь бассейна за плотиной, км<sup>2</sup>.

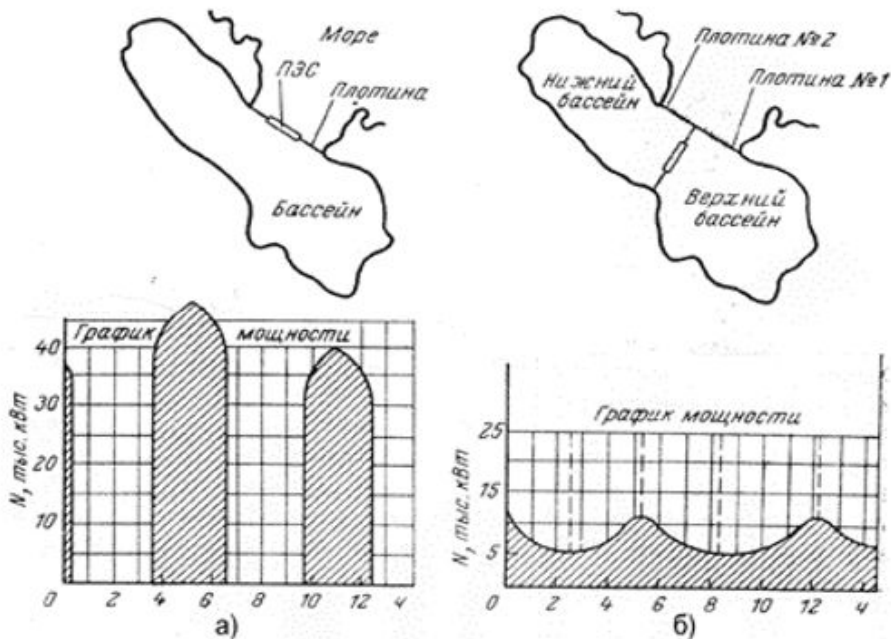
Энергия, вырабатываемая ПЭС за год, составляет

$$\mathcal{E} = 1,97 A^2 F, \text{ млн кВт.ч.}$$

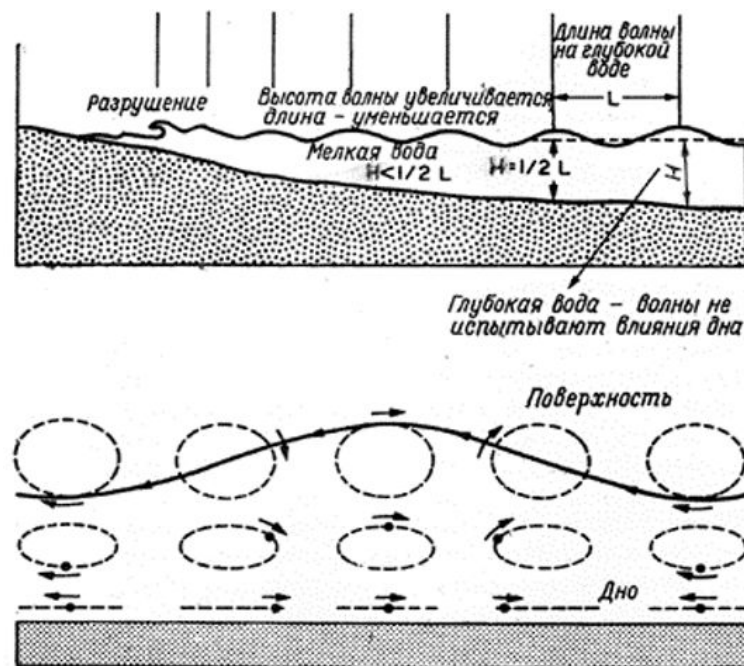




# Волновые электростанции



Приливные электростанции:  
а – с одним бассейном; б – с двумя бассейнами



Профиль морской волны

Первая волновая электростанция расположена в районе Агусадора, Португалия, на расстоянии 5 километров от берега. Мощность данной электростанции составляет 2,25 МВт, этого хватает для обеспечения электроэнергией примерно 1600 домов.<sup>1</sup>

# Ветровая энергия

Ветры – это течения атмосферного воздуха, порождаемые неравномерным нагревом поверхности Земли солнечным излучением.

Ветровой поток приходящий на лопасть ветряка имеет

$$E = m w^2 / 2, \text{ Дж},$$

где  $w$  – скорость ветра, м/с,  
 $m$  – масса воздуха.

За секунду через площадь  $F$  протекает масса  $m = \rho w F$  кг/с,  
где  $\rho = p / RT$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>,  $p$  – атмосферное давление, Па,  $R$   
 $= 287$  Дж/(кг.К) – газовая постоянная,  $T$  – абсолютная температура, К. Для  
лопастного ветрового колеса площадь  $F$  определяется через длину лопасти  
 $L$ :  $F = \pi L^2$ . Соответственно электрическая мощность  $N$ , развиваемая ВЭУ,  
определяется формулой

$$N = \eta_s \eta_{\text{эр}} \rho \pi L^2 w^3 / 2, \text{ Вт}, \quad (2.2)$$

где  $\eta_s$  – КПД ветродвигателя,

$\eta_{\text{эр}}$  – электрический КПД ветрогенератора и преобразователя ( в пределах 0,70...0,85).

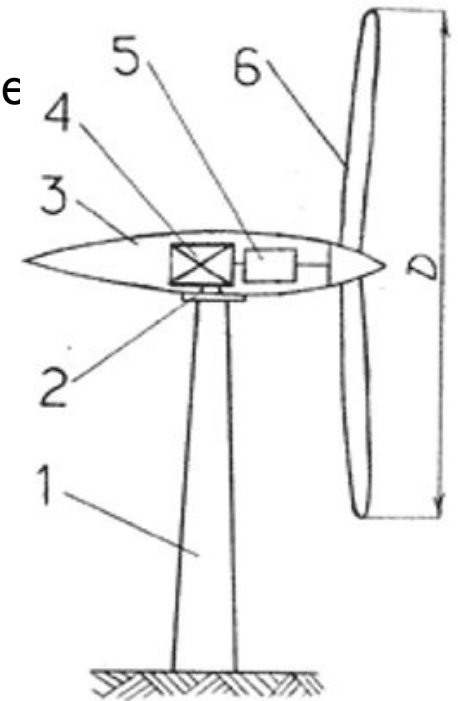


Схема ВЭУ:

1 – башня; 2 – токосъемник; 3 – гондола; 4 – электрогенератор; 5 – редуктор; 6 – ротор

# Солнечная энергия



Баланс лучистой энергии Земли

Безмашинные станции – энергия солнечного излучения подвергается прямому преобразованию в электрическую, без промежуточного перехода в механическую.



# Термоэлектрические преобразователи

В основе преобразований лежит эффект Зеебека:

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

где  $T_1$  – абсолютная температура горячего спая,  
 $T_2$  – абсолютная температура холодного спая,  
 $\alpha$  - коэффициент пропорциональности.

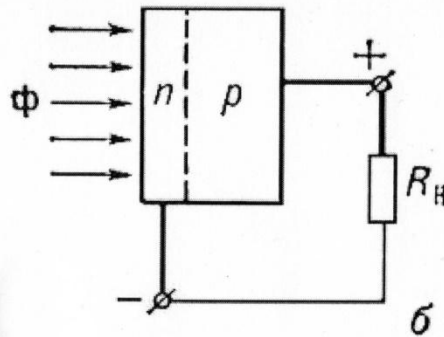
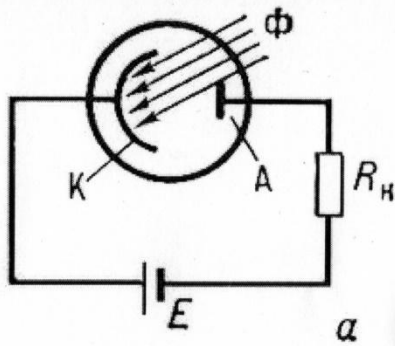
В цепи возникает ток. Причем, горячий спай за секунду поглощает теплоту из нагретого источника в количестве:

$$Q_1 = \alpha T_1 J,$$

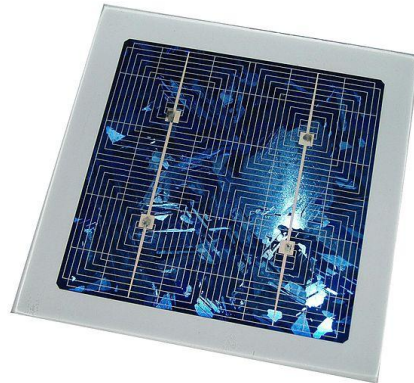
Разность подведенной и отведенной теплот равны работе за секунду:

$$L = \alpha (T_1 - T_2) J, \text{ Вт.} \quad \eta_t = L / Q_1 = \alpha (T_1 - T_2) J / \alpha T_1 J = (T_1 - T_2) / T_1.$$

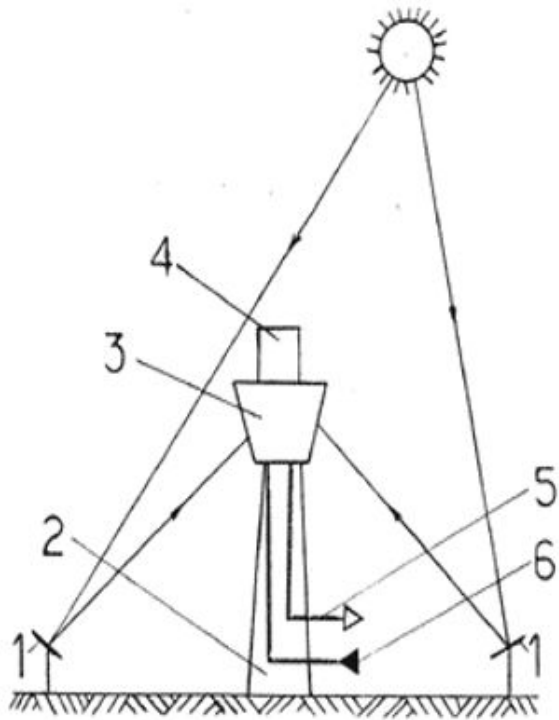
# Фотоэлектрические преобразователи



$$N_{\phi\varepsilon} = \eta_{\phi\varepsilon} F_{\phi\varepsilon} I, \text{ Вт,}$$



# Паротурбинные солнечные электростанции



$$Q = \eta_{\text{к}} n F I, \text{ Вт},$$

$$l = h_1 - h_2, \text{ кДж/кг},$$

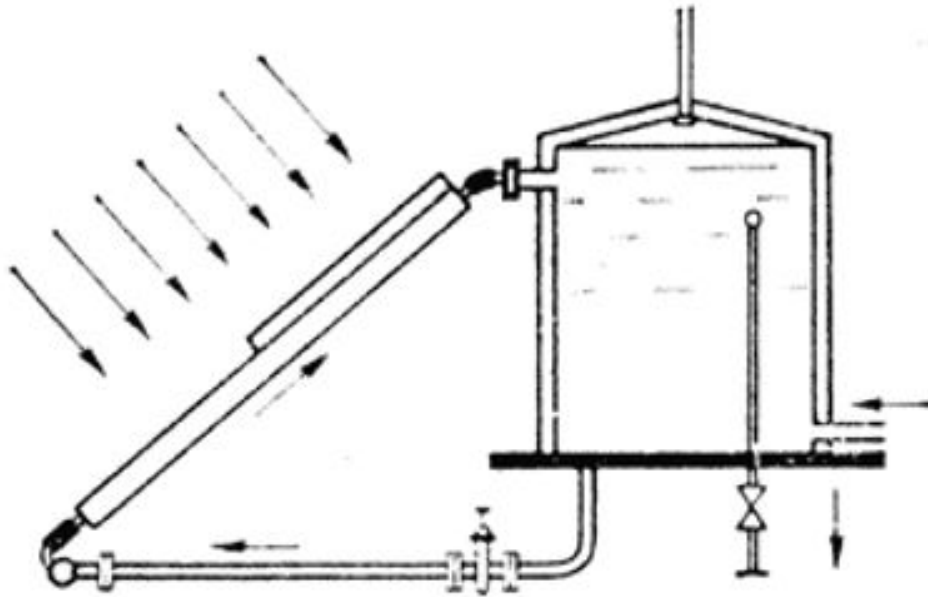
$$\eta_t = (h_1 - h_2)/(h_1 - h_{\text{к}}),$$

$$N_{\text{шт}} = \eta_t \eta_{0i} \eta_z Q, \text{ Вт},$$

Схема СЭС:

1 – гелиостаты; 2 – башня; 3 – солнечный котел; 4 – теплоаккумулятор; 5 – трубопровод острого пара; 6 – трубопровод питательной воды

# Солнечное теплоснабжение



Простейший солнечный  
водонагреватель



Солнечный  
нагреватель

# Геотермальная энергия

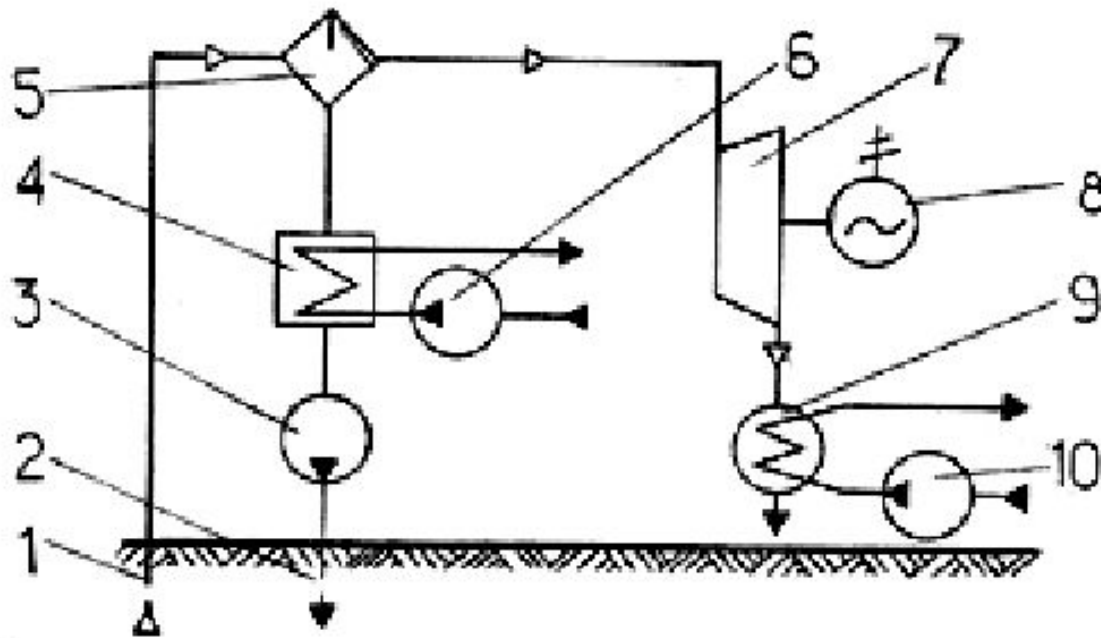
Геотермальная энергия — это энергия, получаемая из природного тепла Земли.

На Мутновском месторождении термальных вод 29 декабря 1999 года запущена в эксплуатацию **Верхне-Мутновская ГеоЭС** мощностью на 2007 год — 50 МВт, планируемая мощность станции составляет 80 МВт, выработка в 2007 году — 360,687 млн кВт·ч. Станция полностью автоматизирована.

2002 год — введен в эксплуатацию первый пусковой комплекс «**Менделеевская ГеоТЭС**» мощностью 3,6 МВт в составе энергоблока «Туман-2А» и стационарной инфраструктуры.

2007 год — ввод в эксплуатацию **Океанской ГеоТЭС**, расположенной у подножия вулкана Баранского на острове Итуруп в Сахалинской области, мощностью 2,5 МВт. Название этой электростанции связано с непосредственной близостью к Тихому океану.

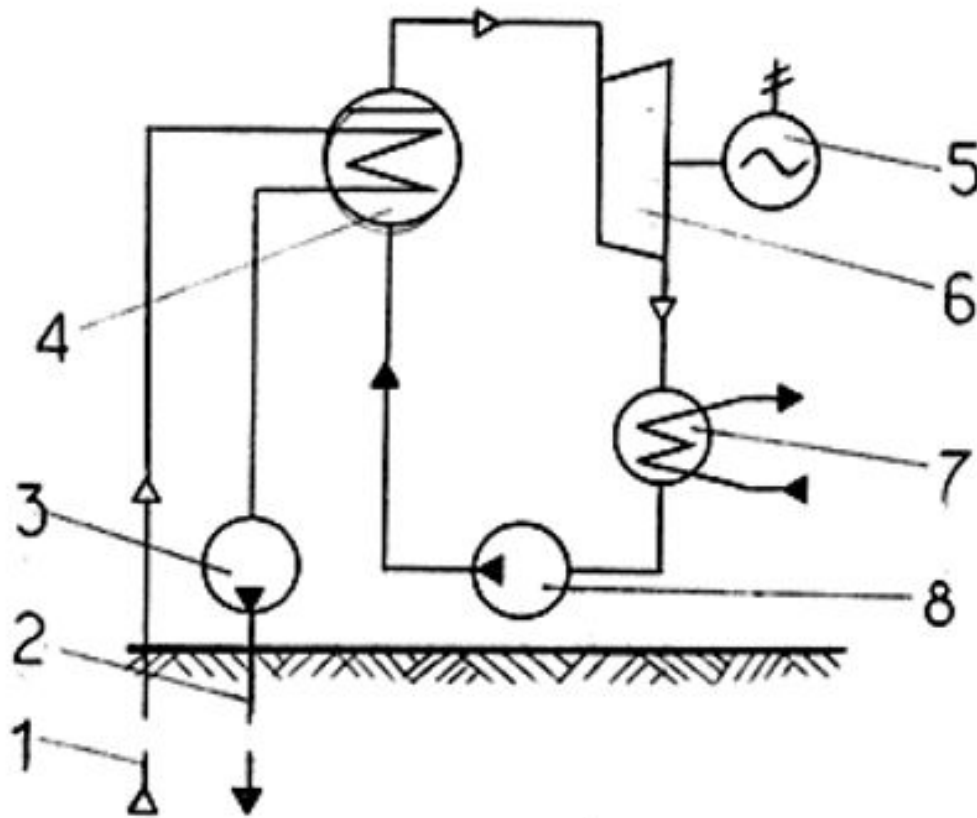
# Одноконтурные ГеоТЭС



$$N = \eta_t \eta_{oi} \eta_s d [(h_1 - h_2)], \text{ кВт},$$

$$G_{\text{XB}} = d (h_2 - h_{\text{к}}) / (c \Delta t_{\text{XB}}), \text{ кг/с},$$

# Двухконтурные ГеоТЭС



$$G_{\text{гс}} = N / (\eta_t \eta_{oi} \eta_{\text{пр}} \eta_{\text{э}} \eta_{\text{сн}} c \Delta t_{\text{пр}}), \text{ кг/с},$$



# Океанская ТЭС

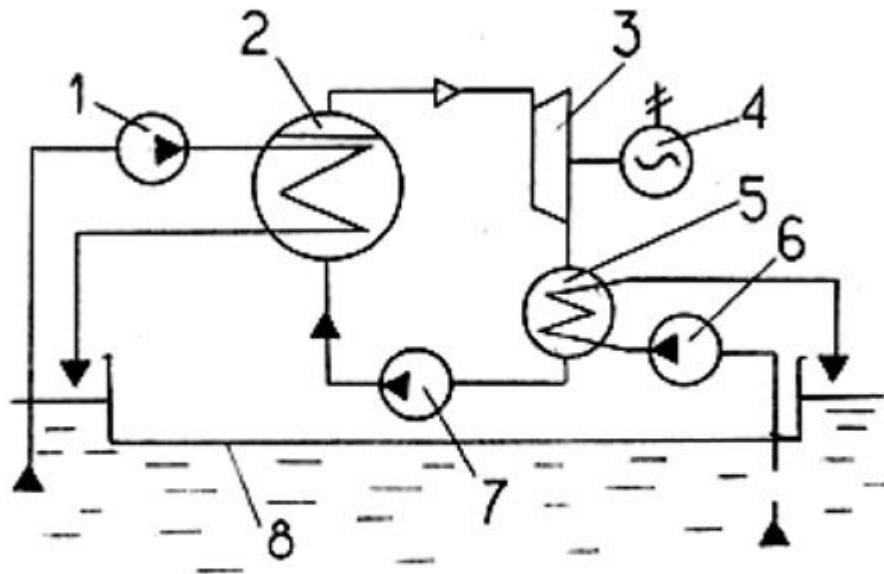


Схема океанской ТЭС:

1 – насос подачи теплой поверхностной воды; 2 – парогенератор низкокипящего теплоносителя; 3 – турбина; 4 – электрогенератор; 5 – конденсатор; 6 – насос подачи холодной глубинной воды; 7 – питательный насос; 8 – судно-платформа

# Биотопливо

- Древесина
- Торф
- Биогаз
- Полевые культуры и водоросли
- Бытовые отходы
- Синтетическое топливо

# Котлы для сжигания биотоплива