

# **ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

## **Лекция 5**

**Лектор: д.т.н., проф.  
Абросимов Леонид Иванович**

# НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

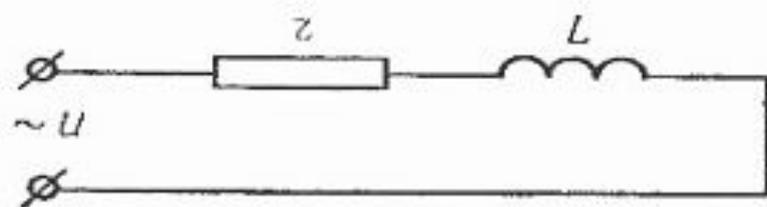
- **Гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС)** — гидроэлектростанция, используемая для выравнивания суточной неоднородности графика электрической нагрузки
- **Приливные электростанции (ПЭС)** преобразуют энергию морских приливов и отливов в электрическую.
- **Ветроэнергетика** — отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве
- **Солнечная энергетика** — направление нетрадиционной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде.
- **Геотермальная электростанция (ГеоЭС или ГеоТЭС)** — вид электростанций, которые вырабатывают электрическую энергию из тепловой энергии подземных источников

- *Гидроаккумулирующие электростанции* создаются, как правило, для суточного аккумулирования энергии в электроэнергетической системе. Недельное аккумулирование требует большой емкости водохранилища и поэтому оказывается выгодным лишь при благоприятных топографических условиях.
- ГАЭС покрывает пики графика нагрузки и обеспечивает потребление дешевой энергии в провалы графика нагрузки, выравнивая режимы работы ТЭС, АЭС.
- ГАЭС характеризуется высокой маневренностью оборудования в турбинном и насосном режимах. Наличие у ГАЭС значительного регулировочного диапазона нагрузки (в турбинном и насосном режимах) и емкости аккумулирования позволяет очень эффективно использовать их в энергосистеме в качестве нагрузочного (частотного) и аварийного резервов.
- Агрегаты ГАЭС могут использоваться в режиме *синхронного компенсатора* для выработки *реактивной мощности* и энергии.

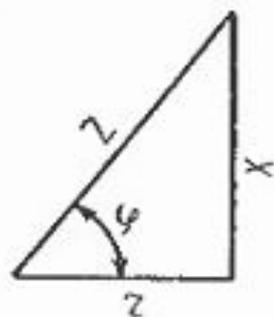
- **Синхронный компенсатор (СК)** представляет собой синхронный двигатель облегчённой конструкции, предназначенный для работы на холостом ходу. При работе в режиме перевозбуждения СК является **генератором реактивной мощности**. Наибольшая мощность СК в режиме перевозбуждения называется его номинальной мощностью. При работе в режиме недовозбуждения СК является *потребителем реактивной мощности*. По конструктивным условиям СК обычно не может потреблять из сети такую же реактивную мощность, которую он может генерировать. Изменение тока возбуждения СК обычно автоматизируется. При работе СК из сети потребляется активная мощность порядка 2—4% от номинальной реактивной мощности.

- Физическая сущность **коэффициента мощности** (косинуса "фи") заключается в следующем. Как известно, в цепи переменного тока в общем случае имеются три вида нагрузки или три вида мощности (три вида тока, три вида сопротивлений). Активная  $P$ , реактивная  $Q$  и полная  $S$  мощности соответственно ассоциируются с активным  $k$ , реактивным  $x$  и полным  $z$  сопротивлениями.
- Из курса электротехники известно, что **активным** называется сопротивление, в котором при прохождении тока выделяется тепло. С активным сопротивлением связаны потери активной мощности  $\Delta P_p$ , равные квадрату тока, умноженному на сопротивление  $\Delta P_p = I^2 r$  Вт..
- **Реактивное** сопротивление при прохождении по нему тока потерь не вызывает. Обуславливается это сопротивление **индуктивностью**  $L$ , а также емкостью  $C$ .
- Индуктивное и емкостное сопротивления являются двумя видами реактивного сопротивления и

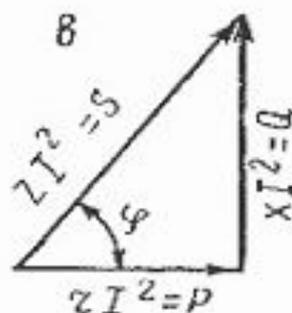
а



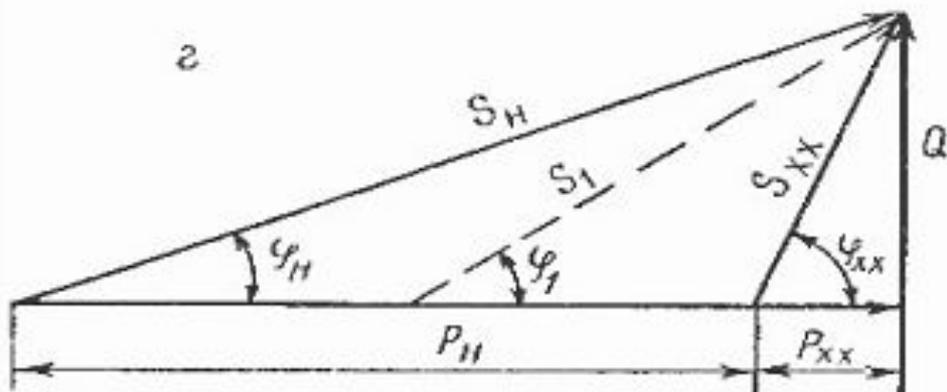
б



в



г



Реактивное сопротивление индуктивности, или индуктивное сопротивление,  $x_L = \omega L = 2\pi fL$ , реактивное сопротивление емкости, или емкостное сопротивление,  $x_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi fC)$ .

Тогда  $x = x_L - x_C$ . Например, если в цепи  $x_L = 12 \text{ Ом}$ ,  $x_C = 7 \text{ Ом}$ , то реактивное сопротивление цепи  $x = x_L - x_C = 12 - 7 = 5 \text{ Ом}$ . Полное сопротивление  $z$  включает в себя активное и реактивное сопротивления.

Для цепи последовательного соединения  $r$  и  $L$  (рис. 1, а)  $z = \sqrt{r^2 + x^2}$  графически изображается **треугольником сопротивления**.

в цепи переменного тока в общем случае возникают три мощности: активная  $P$ , реактивная  $Q$  и полная  $S$   
 $P = I^2 r = UI \cos \varphi \text{ Вт}$ ,  $Q = I^2 x = I^2 x_L - I^2 x_C = UI \sin \varphi \text{ Вар}$ ,  $S = I^2 z = UI \text{ Ва}$ .

Для ГАЭС характерно многообразие установившихся и нормальных эксплуатационных переходных процессов, так как ее гидроагрегаты в течение суток осуществляют многократную смену режимов работы

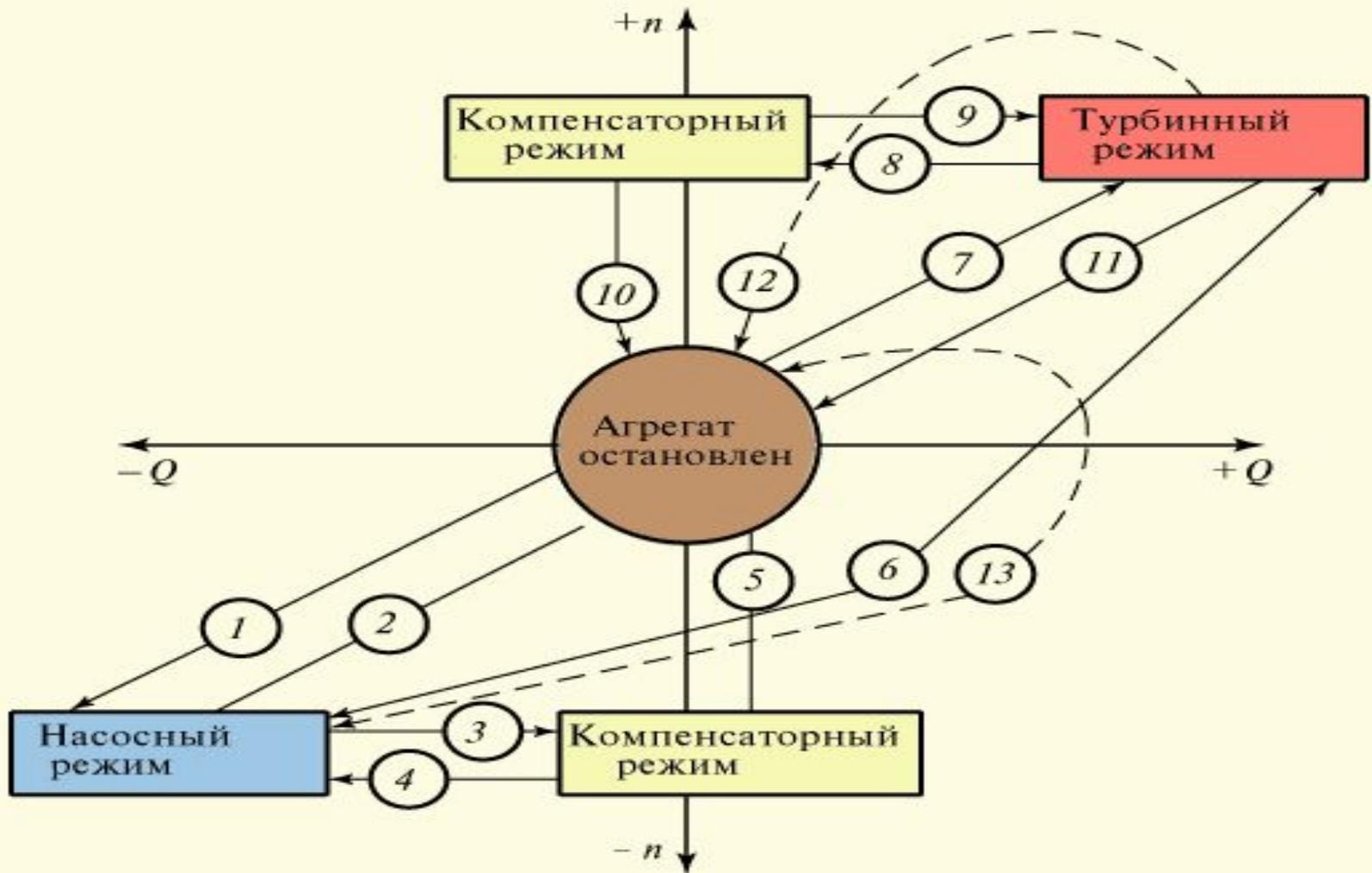


Схема режимов работы гидроагрегатов ГАЭС:  
цифры в кружочках означают переход из одного режима в другой

Работа ГАЭС, заключается в смене двух режимов: накопления энергии (заряда) и ее выдачи потребителям (разряда).

Заряд ГАЭС осуществляется путем подъема воды гидромашинами с электрическим приводом из нижнего водохранилища в верхнее (верхний аккумулирующий бассейн). Заряд производится, как правило, во время ночных провалов электропотребления, когда в энергосистеме в связи с проблемами регулирования или необходимостью выполнения теплового графика нагрузки образуется излишняя генерирующая мощность.

При разряде, осуществляемом в часы максимума нагрузки или в аварийной ситуации в энергосистеме, потенциальная энергия поднятой воды преобразуется в электрическую. При этом вода, сбрасываемая из верхнего бассейна в нижний, пропускается через турбины или обратимые гидромашины в турбинном режиме, работающие совместно с реверсивными электромашинами, которые генерируют электрический ток, как и на обычных ГЭС.

Таким образом, ГАЭС при заряде работают как насосные станции, а при разряде – как гидроэлектростанции.

- **Коэффициент полезного действия ГАЭС.** Коэффициент полезного действия является одним из наиболее важных показателей энергетической и экономической эффективности ГАЭС. Значение к.п.д. определяется отношением электроэнергии, вырабатываемой в турбинном режиме при разряде, к ее количеству, получаемому от энергосистемы во время заряда в насосном (двигательном) режиме. Иногда используют обратный показатель – коэффициент заряда (отношение количества электроэнергии заряда к количеству электроэнергии разряда). Величина к.п.д. ГАЭС не является величиной постоянной: в процессе развития гидроаккумулирования этот показатель увеличился почти вдвое за счет совершенствования технологии, конструкции гидравлических и электрических машин и т. п. Общее значение к.п.д. гидроаккумулирования ГАЭС определяется величиной потерь энергии на отдельных этапах ее преобразования и соответствующих к.п.д. этих этапов, которые включают все звенья энергетического тракта.



Типичная диаграмма к.п.д. ГАЭС с обратимыми агрегатами:

$\eta_1$  — к.п.д. блочного трансформатора;  $\eta_2$  — к.п.д. электрической машины в режиме двигателя;  $\eta_3$  — к.п.д. насоса;  $\eta_4$  — к.п.д. вспомогательного оборудования;  $\eta_5$  — к.п.д. проточного тракта (напорные трубопроводы, решетки, затворы);  $\eta_6$  — к.п.д. турбины;  $\eta_7$  — к.п.д. генератора

**Приливные электростанции** строят на берегах морей, где гравитационные силы Луны и Солнца дважды в сутки изменяют уровень воды. Колебания уровня воды у берега могут достигать 13 метров.

**Приливные электростанции** преобразуют энергию морских приливов и отливов в электрическую. Такие электростанции используют перепад уровней воды во время прилива и отлива, также разрабатываются электростанции работающие за счет движения воды в океанских течениях.

При правильном полусуточном цикле приливов, используя один приливной бассейн, **приливная электростанция** будет вырабатывать электроэнергию не переставая в течение четырех - пяти часов с небольшими перерывами на один - два часа четыре раза в сутки.

### **ДОСТОИНСТВА**

- **1. Экологичность.**
- **2. Низкая себестоимость электроэнергии.**
- **3. Не создают угрозу катастрофы в случае разрушения плотины.**
- **4. Близка от потребителей.**

### **НЕДОСТАТКИ**

- **1. Высокая стоимость строительства.**
- **2. Постоянно изменяющаяся мощность (Зависит от фаз приливов и отливов).**
- **3. Долго окупается.**
- **4. Портится побережье.**

## Гравитационное притяжение [ править | править вики-текст ]

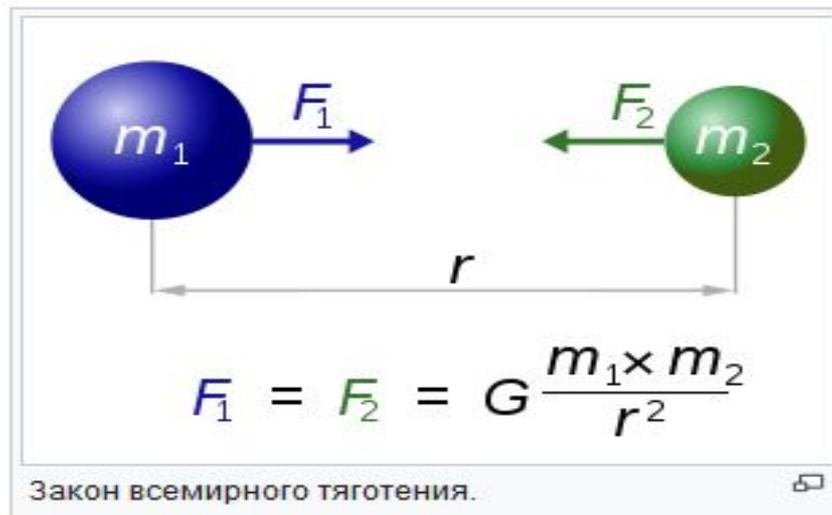
В рамках [классической механики](#) гравитационное притяжение описывается [законом всемирного тяготения](#) Ньютона, который гласит, что сила гравитационного притяжения между двумя материальными точками массы  $m_1$  и  $m_2$ , разделёнными расстоянием  $r$ , пропорциональна обеим массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния — то есть:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Здесь  $G$  — [гравитационная постоянная](#), равная примерно  $6,67 \times 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ <sup>[1][2]</sup>.

Закон всемирного тяготения — одно из приложений [закона обратных квадратов](#), встречающегося также и при изучении [излучений](#) (см., например, [Давление света](#)), и являющегося прямым следствием квадратичного увеличения площади [сферы](#) при увеличении радиуса, что приводит к квадратичному же уменьшению вклада любой единичной площади в площадь всей сферы.

Гравитационное поле, так же как и поле [силы тяжести](#), [потенциально](#). Это значит, что можно ввести потенциальную энергию гравитационного притяжения пары тел, и эта энергия не изменится после перемещения тел по замкнутому контуру. Потенциальность гравитационного поля влечёт за собой закон сохранения суммы кинетической и потенциальной энергии и при изучении движения тел в гравитационном поле часто существенно упрощает решение. В рамках ньютоновской механики гравитационное взаимодействие является [дальнодействующим](#). Это означает, что как бы массивное тело ни двигалось, в любой точке пространства [гравитационный потенциал](#) зависит только от положения тела в данный момент времени.





- Главное достоинство ПЭС для экологии заключается в том, что этим станциям топливо не нужно, а значит, и продуктов сгорания нет.
- Второй плюс – при любых катаклизмах (землетрясения, цунами, извержения вулканов и т.п.) самое худшее - это разрушение рабочего блока и генератора с подстанцией.
- Третья положительная сторона, которой выгодно отличаются приливные электростанции от ГЭС состоит в принципе работы, обуславливающим бережное отношение к рыбному богатству страны. Часть планктона, конечно, гибнет при прохождении водозаборников, но не более десятой части (для сравнения: прохода лопастей гидростанций не выдерживает от 83 до 99 % водной микрофауны, главного корма рыб).
- В-четвертых, на работу ПЭС практически не влияет ледовая обстановка.
- В-пятых, соленость воды остается почти неизменной.
- И шестой экологический момент состоит в том, что неизбежные структурные нарушения дна, возникающие в ходе строительства, полностью «залечиваются» за два года с полным восстановлением жизнедеятельности гидробиосферы.

**Устройство** Наибольшая амплитуда уровня моря наблюдается в морских заливах, в которых прибрежным рельефом образованы естественные полузамкнутые бассейны. Изменение направления вращения турбины технически реализуется посредством переменного шага лопастей, иными словами, их поворотом относительно оси вращения. Как правило, турбины имеют возможность переключаться с генераторного на насосный режим в зависимости от ситуации и фазы технологического цикла.



## Список ПЭС с указанием характеристики, страны и года сдачи в эксплуатацию

Ля Ранс	Франция	1967	240 мВт
Кислозубская ПЭС	СССР/Россия	1968	1,7 мВт
Си Джен	Великобритания	2008	1,2 мВт
Аннаполисская ПЭС	Канада	1984	20 мВт
Сихва	Южная Корея	В стадии завершения строительства	254 мВт
Хаммерфест	Норвегия	2003	300 кВт

- ***Ветроэнергетика*** — отрасль науки и техники, разрабатывающая теоретические основы, методы и средства использования энергии ветра для получения механической, тепловой и электрической энергии и определяющая масштабы целесообразного использования ветровой энергии в народном хозяйстве.
- ***Принцип использования*** ветровой энергии известен и используется человеком очень давно, начиная с ветряных мельниц. Движущийся поток ветра оказывает силовое воздействие на подвижную часть двигателя (рабочее колесо разного вида и конструкции), заставляя его вращаться и передавать полученную энергию другому техническому устройству для совершения полезной и нужной человеку работы (помол зерна, подъем воды из глубины земли, выработка электроэнергии и т.п.).

- Кинетическая энергия  $\mathcal{E}_{\text{кин}}$  (Дж) воздушного потока со средней скоростью  $v$  (м/с), проходящего через поперечное сечение  $S$  (м<sup>2</sup>), перпендикулярное  $v$ , и массой воздуха  $m$  (кг) рассчитывается по формуле:

- $\mathcal{E}_{\text{кин}} = 0,5 m v^2$  (1)

Величина  $m$  определяется по формуле:  $m = \rho v F$ , где  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

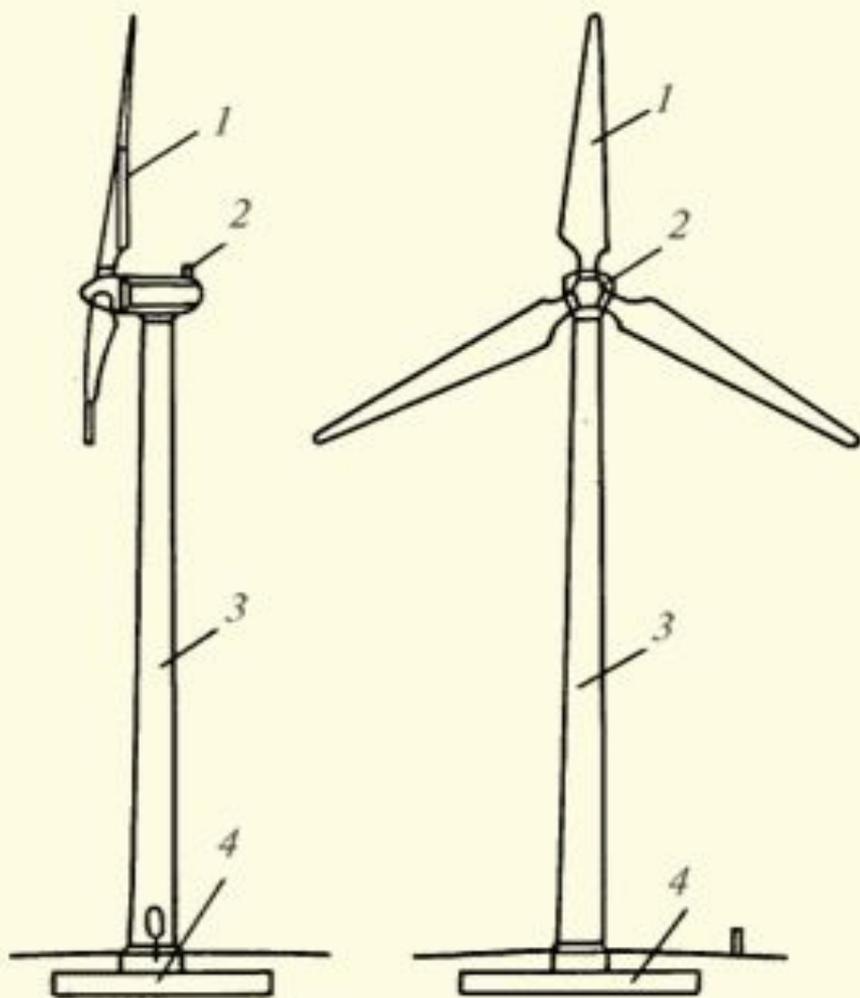
- Обычно в расчетах в качестве  $\rho$  принимают ее значение, равное 1,226 кг/м<sup>3</sup> и соответствующее следующим нормальным климатическим условиям:  $t = 15^\circ\text{C}$ ,  $p = 760$  мм рт. ст., или 101,3 кПа. Если в (1) в качестве  $m$  взять секундную массу воздуха (кг/с), то получим значение мощности, развиваемой потоком воздуха (Дж/с или Вт), т.е.  $N = 0,5 \rho v^3 S$
- Для  $S = 1$  м<sup>2</sup> получаем значение удельной мощности (Вт) ветрового потока  $N^{\text{уд}}$  (Вт/м<sup>2</sup>) со скоростью (м/с):

В ветроэнергетике используется рабочий диапазон скоростей ветра, не превышающих 25 м/с. Эта скорость соответствует 9-балльному ветру (шторм) по 12-балльной шкале Бофорта. Ниже приведены значения  $N^{уд}$  для указанного рабочего диапазона скоростей ветра:

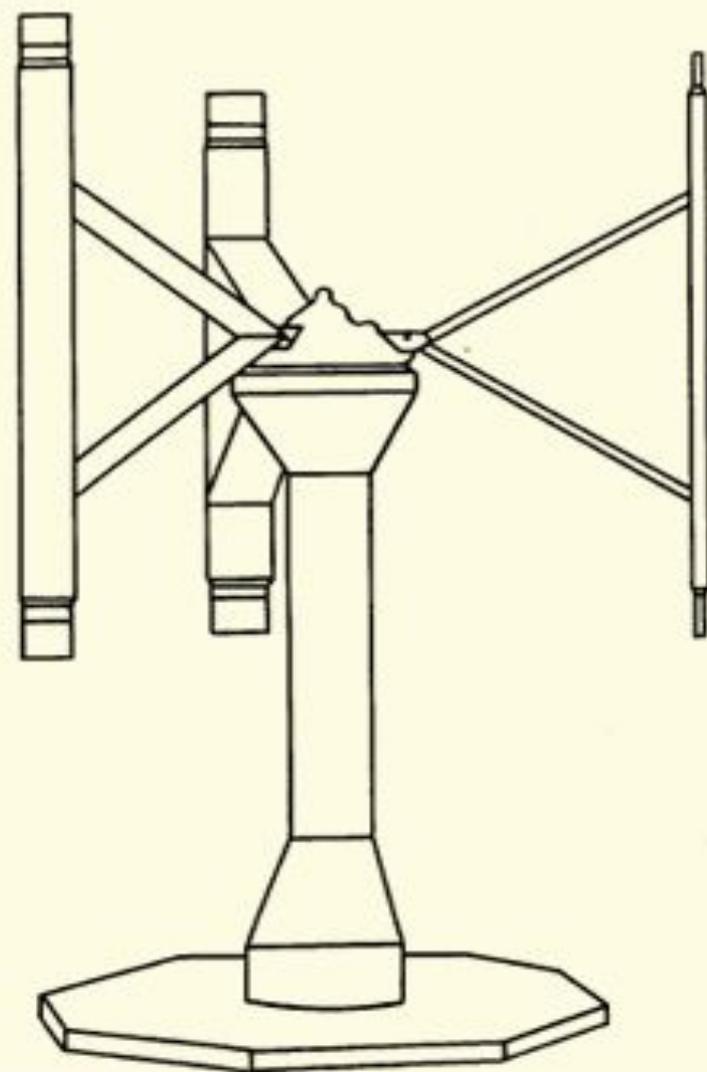
Обычно в ветроэнергетике используется рабочий диапазон скоростей ветра, не превышающих 25 м/с. Эта скорость соответствует 9-балльному ветру (шторм) по 12-балльной шкале Бофорта. Ниже приведены значения  $N^{уд}$  для указанного рабочего диапазона скоростей ветра:

$\bar{v}$ , м/с.....	2	3	4	5	10	14	18	20	23	25
$N^{уд}$ , Вт/м <sup>2</sup> .....	4,9	16,55	39,2	76,6	613	1682	3575	4904	7458	9578

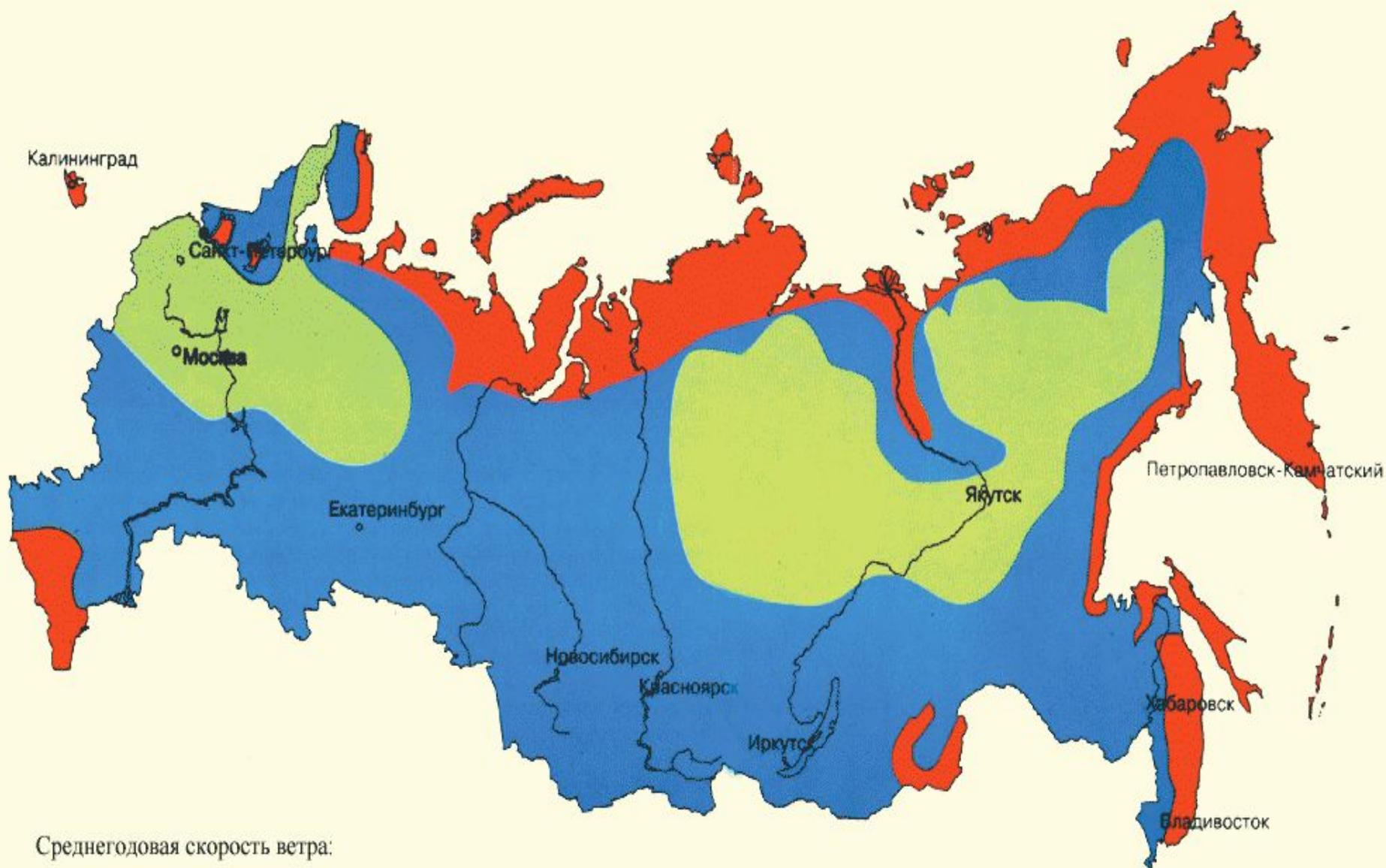
- Преобразование кинетической энергии ветра в электрическую происходит с помощью ветроэнергетических установок (ВЭУ), которые можно классифицировать по следующим признакам:
- по мощности — малые (до 10 кВт), средние (от 10 до 100 кВт), крупные (от 100 до 1000 кВт), сверхкрупные (более 1000 кВт);
- по числу лопастей рабочего колеса — одно-, двух-, трех- и многолопастные;
- по отношению рабочего колеса к направлению воздушного потока — с горизонтальной осью вращения, параллельной или перпендикулярной вектору скорости (ротор Дарье)



Ветроэнергетическая установка с горизонтальной осью вращения



Ветроэнергетическая установка с вертикальной осью вращения



Среднегодовая скорость ветра:

- менее 3 м/с
- от 3 до 5 м/с
- более 5 м/с

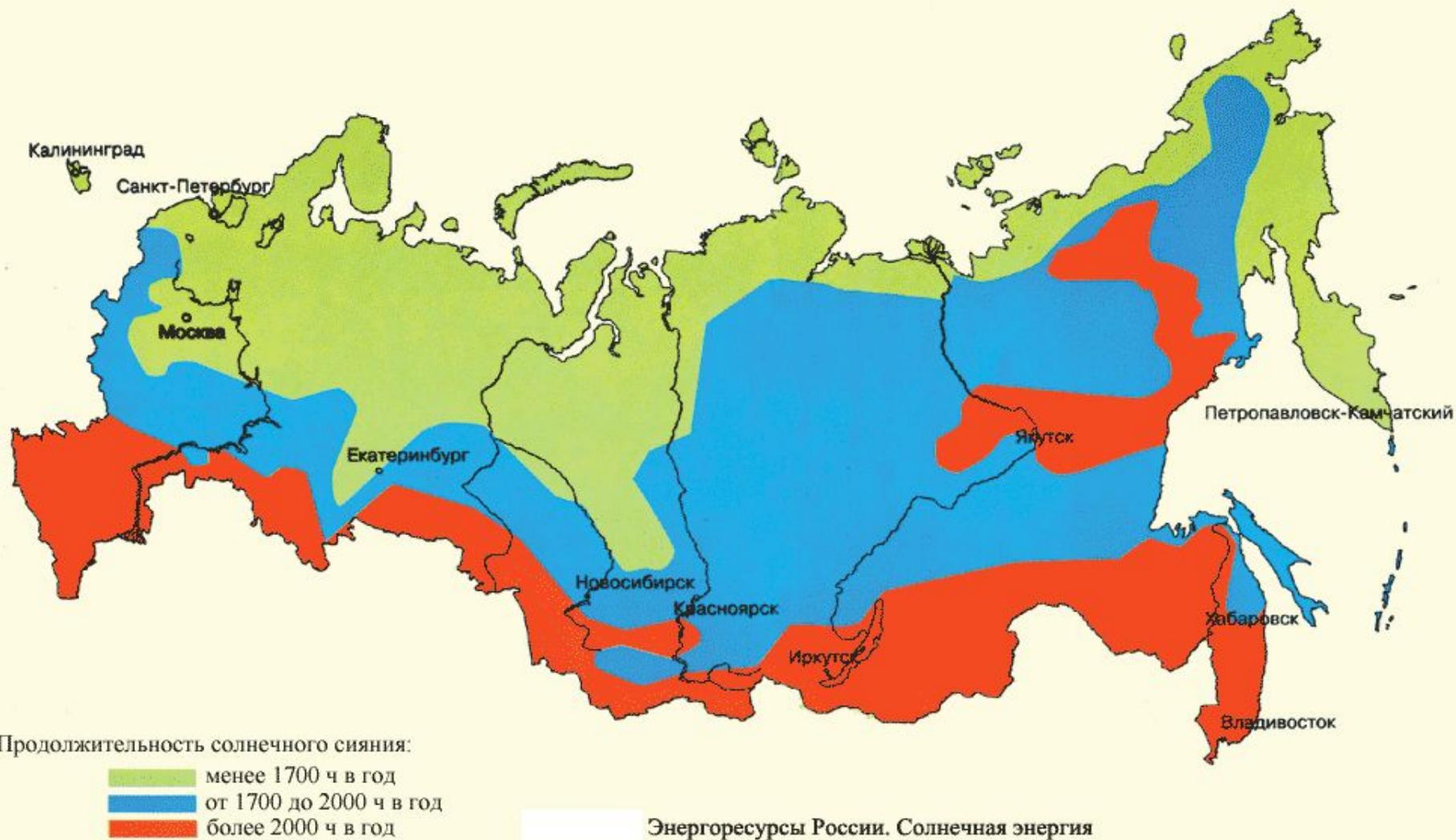
Энергоресурсы России. Ветровая энергия

- Весьма ощутимы успехи развития ветроэнергетики в мире, где ежегодный прирост мощности в последнее пятилетие составляет 30 % и более в разных странах.
- На 01.01.2002 г. общая установленная мощность в мире составила 24927 МВт при годовом приросте мощности 6824 МВт (27,37 %).
- По оценкам экспертов, установленная мощность ВЭУ в мире к 2006 г. вырастет по сравнению с современным уровнем более чем в 3 раза и достигнет 79362 МВт. При этом абсолютным лидером здесь является Германия, где установленная мощность на 01.01.2002 г. составила 8734 МВт (при годовом приросте в 30 %) при прогнозе на 2006 г. — 20484 МВт.
- В России построена Крюковская ВЭС мощностью 5,1 МВт (20 агрегатов по 225 кВт и один агрегат 600 кВт, г. Калининград), Анадырская ВЭС (Чукотка) мощностью 2,5 МВт (10 агрегатов по 250 кВт) и строится Элистинская ВЭС (Калмыкия) мощностью 22 МВт (22 агрегата по 1 МВт).

- ***Солнечная энергетика*** — отрасль науки и техники, разрабатывающая теоретические основы, методы и средства использования солнечного излучения или солнечной радиации для получения электрической, тепловой или других видов энергии и использования их в народном хозяйстве.
- ***Солнечное излучение*** (СИ) — это процесс переноса энергии при распределении электромагнитных волн в прозрачной среде. По квантовой теории электромагнитные волны — это поток элементарных частиц или фотонов с нулевой массой покоя, движущихся в вакууме со скоростью света. В космосе через  $1 \text{ м}^2$  в 1 с проходит  $3 \cdot 10^{21}$  фотонов, энергия которых зависит от длины волны (мкм).
- ***Источник солнечного излучения*** — Солнце — излучает в окружающее пространство поток мощности, эквивалентный  $4 \cdot 10^{23}$  кВт.
- Земля находится от Солнца на расстоянии примерно 150 млн км. Площадь поверхности Земли, облучаемой Солнцем, составляет около  $500 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ . **Поток солнечной радиации, достигающей Земли, по разным оценкам составляет  $(7,5—10) \cdot 10^7$  кВт · ч/год, или  $(0,85—1,2) \cdot 10^{14}$  кВт**, что значительно превышает ресурсы всех других возобновляемых источников энергии. Если использовать всего 0,1 % всей поверхности Земли для строительства *солнечных электростанций* (СЭС), то их выработка превысит в 40 раз все потребление энергии человечеством на уровне 1983 г.

- Солнечное излучение (СИ) на поверхность Земли зависит от многих факторов: широты и долготы местности, ее географических и климатических особенностей, состояния атмосферы, высоты Солнца над горизонтом, размещения приемника СИ на Земле и по отношению к Солнцу и т.д.
- *Суммарное СИ*, достигающее поверхности Земли,  $R_S$  обычно состоит из трех составляющих:  $R_{пр}$  — *прямое СИ*, поступающее от Солнца на приемную площадку в виде параллельных лучей;  $R_{д}$  — *диффузное*, или рассеянное молекулами атмосферных газов и аэрозолей СИ;  $R_{отр}$  — *отраженная земной поверхностью доля СИ* (для большей части поверхности Земли эта составляющая  $R_S$  обычно незначительна и не учитывается вообще или приближенно учитывается в расчетах).
- При этом в течение как коротких (минуты, часы), так и длительных (сутки, недели) интервалов времени в данной точке Земли ***может отсутствовать полностью*** или частично составляющая  $R_{пр}$ . Наконец, в ночные часы отсутствует и  $R_S$  в целом. Это означает, что солнечная энергетическая установка (СЭУ) на Земле имеет нулевую гарантированную мощность при использовании только СИ без сочетания с другими источниками энергии.
- Кроме того, СИ достигает своего максимума в летний период, когда в России обычно происходит закономерное уменьшение потребления электроэнергии. Соответственно, максимум зимнего потребления энергии в стране приходится на период минимального прихода СИ.

Россия находится в зоне, где поток СИ меняется в пределах от **800 до 1400 (кВт · ч)/(м<sup>2</sup> · год)**. При этом продолжительность солнечного сияния в России находится в пределах **от 1700 до 2000 ч/год** и несколько более. За год на всю территорию России поступает солнечной энергии больше, чем энергия от всех российских ресурсов нефти, газа, угля и урана



## Классификация солнечных энергетических установок

Солнечная энергия на Земле используется с помощью солнечных энергетических установок, которые можно классифицировать по следующим признакам



Солнечные панели преобразуют солнечное излучение в электроэнергию

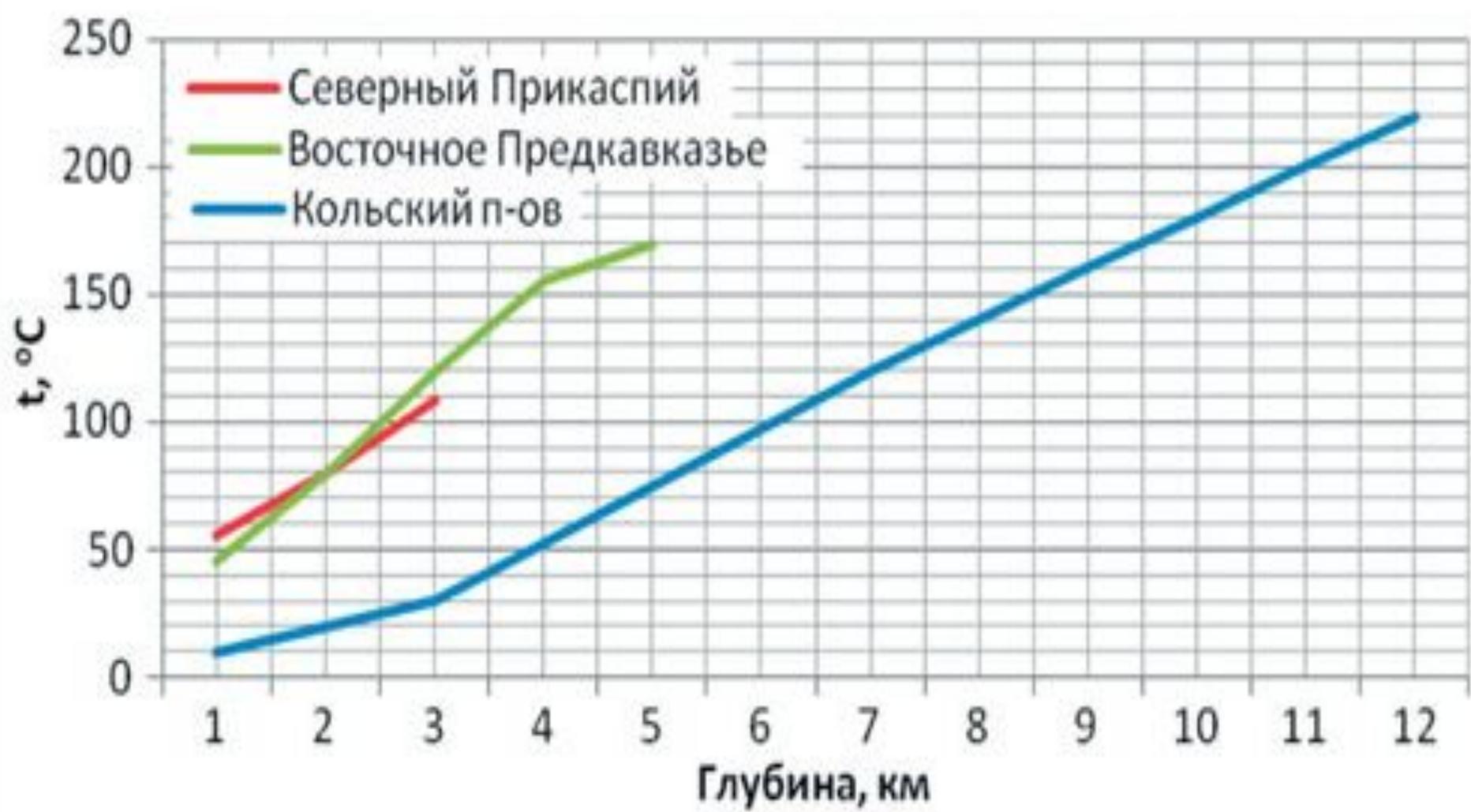


Солнечный коллектор преобразует солнечное излучения в тепло

- В настоящее время **солнечные фотоэлектрические установки** находят все более широкое применение как источники энергии для средних и малых автономных *потребителей*, а иногда и для больших солнечных электростанций, работающих в энергосистемах параллельно с традиционными ТЭС, ГЭС и АЭС. Конструктивно СФЭУ обычно состоит из солнечных батарей в виде плоских прямоугольных поверхностей.
- За последние десятилетия фотоэнергетика сделала очень большие шаги в решении двух основных проблем: повышении КПД СФЭУ и снижении стоимости их производства.
- Наибольшее распространение получили СФЭУ на основе кремния трех видов: монокристаллического, поликристаллического и аморфного. В промышленном производстве находятся СФЭУ со следующими КПД: монокристаллический — 15—16 % (до 24 % на опытных образцах); поликристаллический — 12—13 % (до 16 % на опытных образцах); аморфный — 8—10 % (до 14 % на опытных образцах). Все эти данные соответствуют так называемым однослойным фотоэлементам. Сегодня же исследуются двух- и трехслойные фотоэлементы, которые позволяют использовать большую часть солнечного спектра по длине волны СИ. Для двухслойного фотоэлемента на опытных образцах получен КПД 30 %, а трехслойного — 35—40 %.
- Наконец, в последние годы появился весьма перспективный конкурент для кремния в СФЭУ — арсенид галлия. Установки на его основе даже в однослойном исполнении имеют КПД до 30 % при гораздо более слабой зависимости его КПД от температуры.
- Известно, что во время работы СФЭУ поверхности их сильно нагреваются, что приводит к снижению их энергетических показателей. Для охлаждения таких установок требуется использовать охлаждающую воду.

- В настоящее время СФЭУ с успехом используются в ряде стран мира, особенно в Японии, Германии и США. В Японии и Германии развитию СФЭУ способствовали специальные государственные программы поддержки этого нетрадиционного сектора современной энергетики. В Германии вначале была принята и успешно реализована в начале 90-х годов XX в. программа «1000 солнечных крыш», а сегодня также успешно реализуется программа «100 тысяч фотоэлектрических крыш». В 1995—1996 гг. в Японии приступили к реализации программы «70000 фотоэлектрических крыш». В 1998 г. эта программа была пересмотрена в сторону увеличения до 1 млн крыш. В США с 1997 г. реализуется программа «Миллион солнечных крыш».
- В 2000 г. США обнародовали новую перспективную цель энергетики страны: строительство солнечной электростанции в Техасе размером 107х107 миль, которая могла бы полностью обеспечить потребности США в электроэнергии.
- По экспертным оценкам, вновь вводимая за год мощность СФЭУ в мире в 2005 г. составит 200 МВт, а в 2010 г. — 700 МВт при среднегодовом приросте около 25 %.

- **Геотермальная энергия** — это тепло земных недр. Вырабатывается оно в глубинах и поступает к поверхности Земли в разных формах и с различной интенсивностью.
- *Разогрев глубинных слоёв* Земли связывают, главным образом, с распадом находящихся там радиоактивных элементов, хотя называют и другие источники тепла, например физико-химические, тектонические процессы в глубоких слоях земной коры и мантии.
- Но чем бы это ни было обусловлено, температура горных пород и связанных с ними жидких и газообразных субстанций с глубиной растёт. С этим явлением сталкиваются горняки — в глубоких шахтах всегда жарко. На глубине 1 км жара + 30 *град* нормальное явление, а глубже температура ещё выше.



Рост температуры термальных вод и вмещающих их сухих пород с глубиной

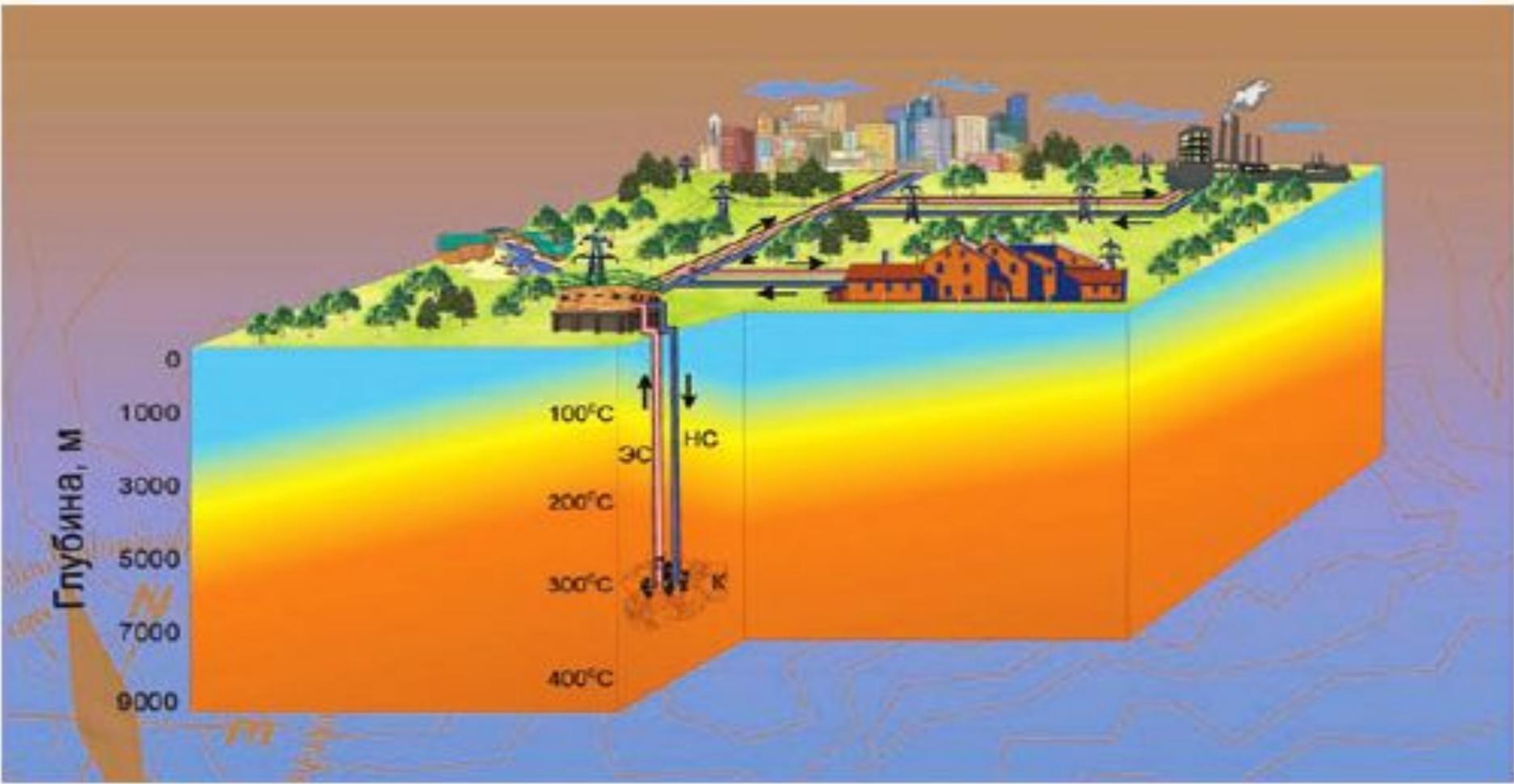
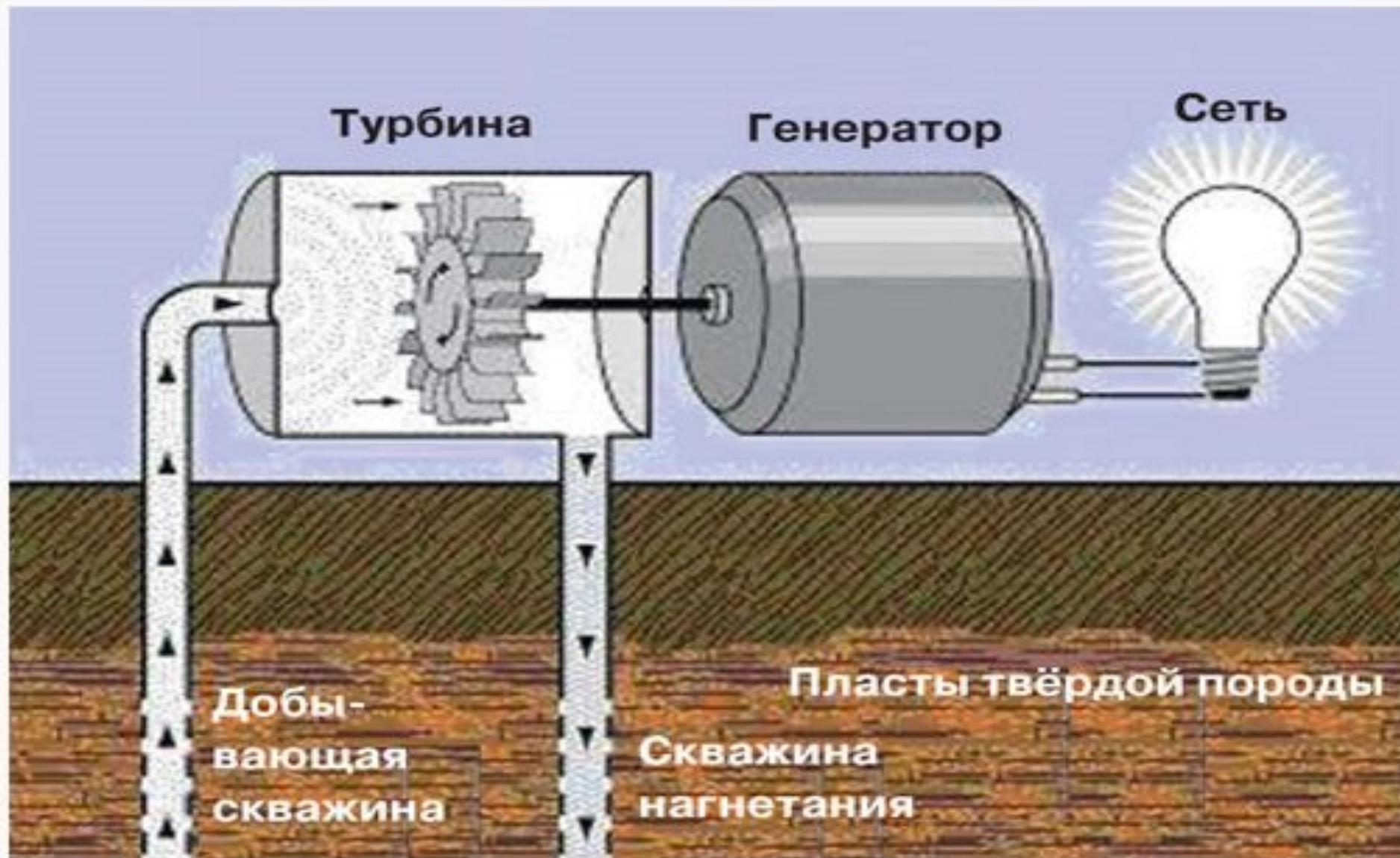


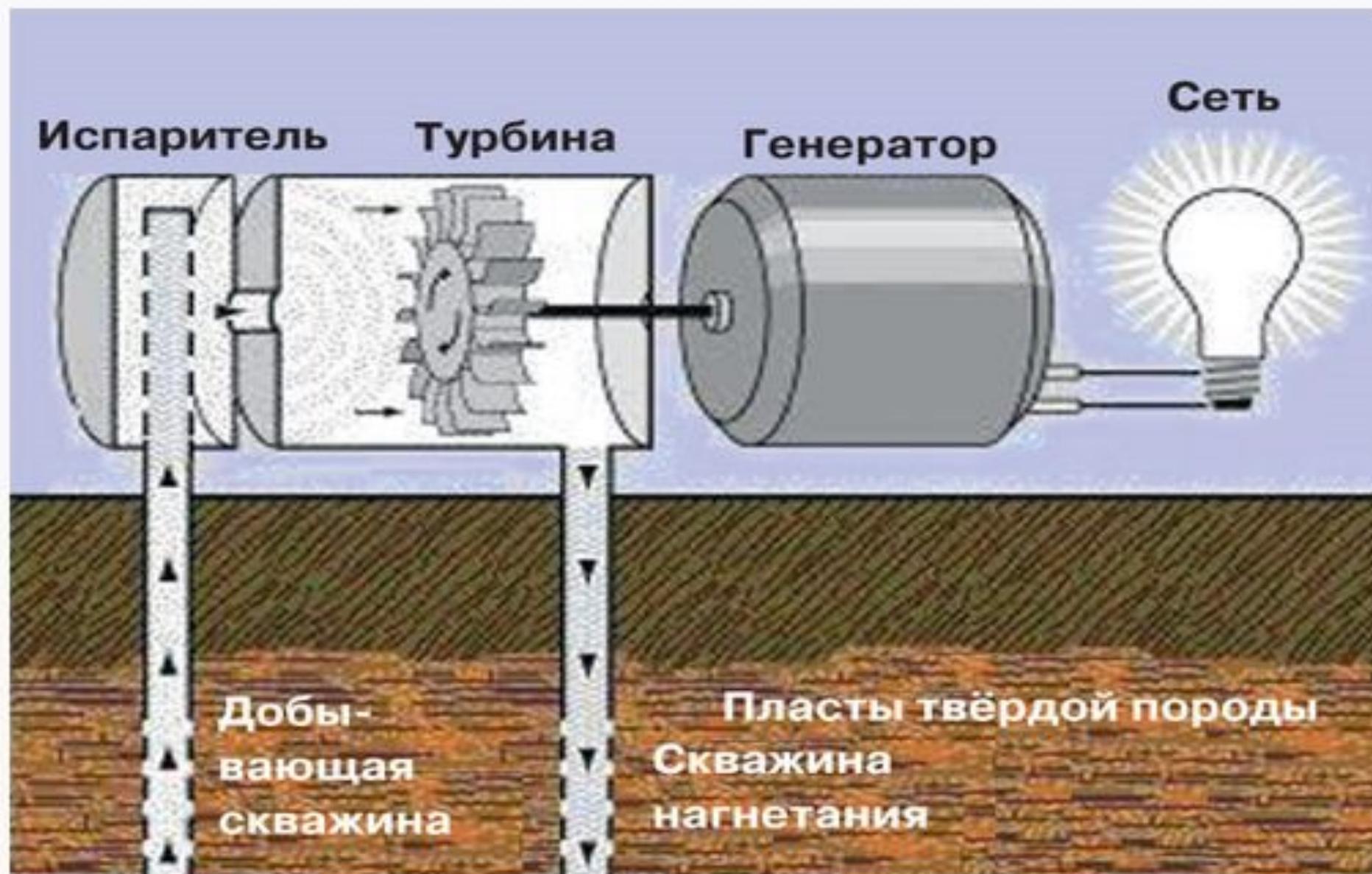
Схема работы петротермальной системы. Система основана на использовании температурного градиента между поверхностью земли и её недрами, где температура выше. Вода с поверхности закачивается в нагнетательную скважину и нагревается на глубине, далее нагретая вода или образовавшийся в результате нагрева пар подаются на поверхность по эксплуатационной скважине.

## ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

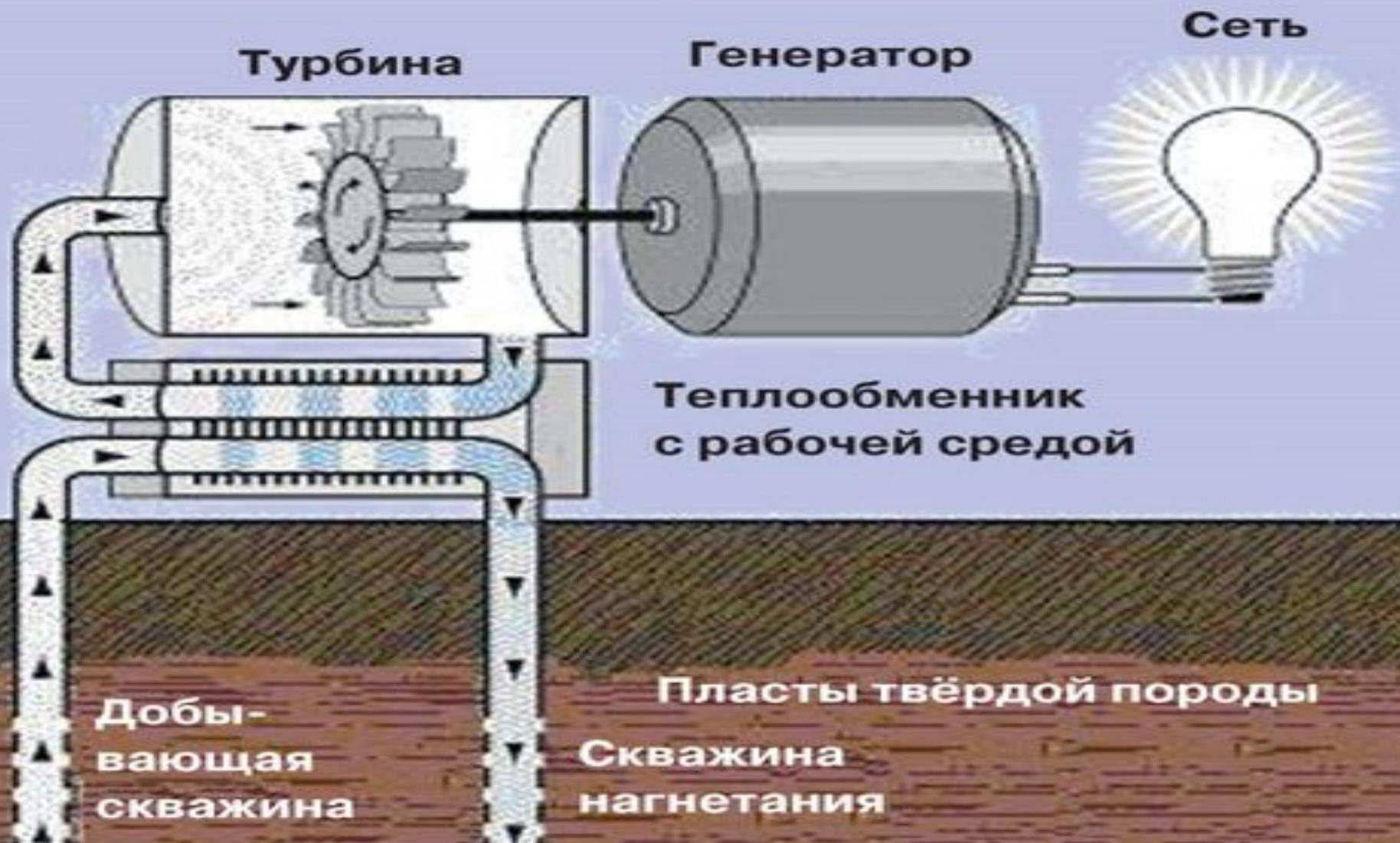
- Развитие геотермальной энергетики в России позволяет в ближайшие годы полностью решить проблему тепло- и электроснабжения больших регионов: Камчатки, Курильских о-вов, Северного Кавказа и отдельных районов Сибири, и практически на всей территории существенно улучшить систему теплоснабжения на основе тепла Земли с применением тепловых насосов.
- В России сектор теплоснабжения потребляет более 45 % всей энергии страны, при этом только центральное теплоснабжение будет достигать 33—35 %.
- При использовании современных технологий локального теплоснабжения можно за счет тепла Земли сэкономить значительные ресурсы органического топлива (мазута, угля, дизельного топлива).



Принцип работы ГеоЭС на сухом паре. Геотермальный пар, поступающий из добывающей скважины, пропускается непосредственно через паровую турбину. Самая простая из существующих схем работы ГеоЭС.

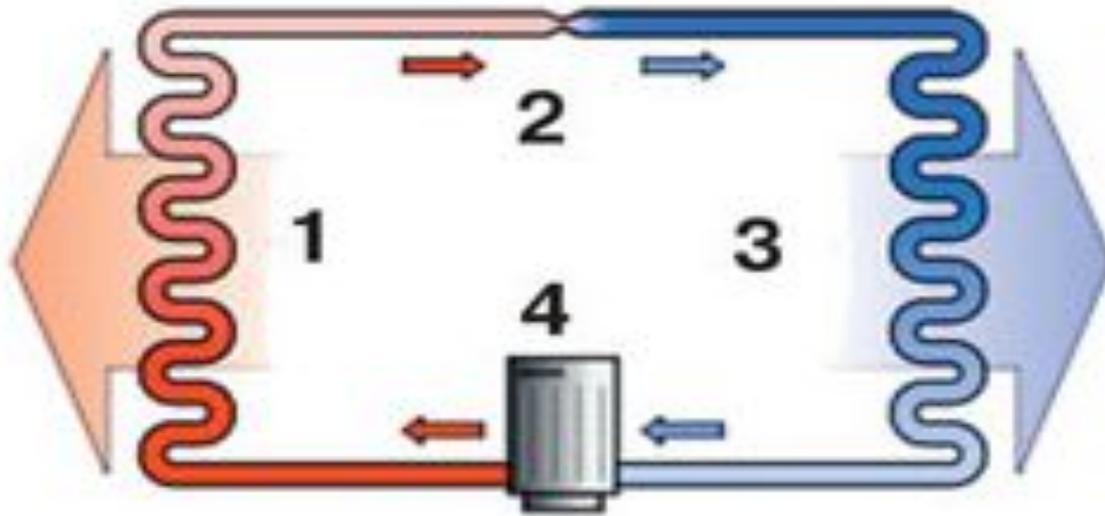


Принцип работы ГеоЭС с непрямой схемой. Горячая подземная вода из добывающей скважины нагнетается в испаритель, а полученный пар подаётся в турбину.



Принцип работы бинарной ГеоЭС. Горячая термальна́я вода взаимодействует с другой жидкостью, выполняющей функции рабочего тела и имеющей менее высокую температуру кипения. Обе жидкости пропускаются через теплообменник, где термальна́я вода выпаривает рабочую жидкость, пары которой, в свою очередь, вращают турбину

# Схема теплового насоса



Принципиальная схема холодильника и теплового насоса: **1** — конденсатор; **2** — дроссель (регулятор давления); **3** — испаритель; **4** — компрессор.



На всей территории России имеются запасы тепла Земли с температурой 30—40°C, а в отдельных районах имеются геотермальные резервуары с температурой до 300°C.





Схема использования блочной бинарной ГеоЭС для выработки электрической и тепловой энергии

- Тесты 5
- 1. Определите понятие *Гидроаккумулирующая Электростанция (ГАЭС)*. Назовите достоинства и недостатки *ГАЭС*
- 2. Какие преобразования энергии используют *ГАЭС*
- 3. Определите понятие *Приливная Электростанция (ПЭС)*. Назовите достоинства и недостатки *ПЭС*
- 4. Какие преобразования энергии используют *ПЭС*
- 5. Определите понятие *Ветроэнергетика*. Назовите достоинства и недостатки *Ветроэнергетики*
- 6. Какие преобразования энергии используют в *Ветроэнергетике*
- 7. Определите понятие *Солнечная энергетика*. Назовите достоинства и недостатки *Солнечной энергетики*
- 8. Какие преобразования энергии используют в *Солнечной энергетике*
- 9. Задача 1 Рассчитать энергию воздушного потока обычной плотности, проходящего через сечение площадью, равной 3 кв.м со скоростью 5 м/с. (плотность воздуха  $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ )
- 10 Задача 2 Рассчитать количество солнечных батарей (номинальной мощностью 100 Вт, коэффициент инсоляции 1,0), необходимого для покрытия энергоемкости (6,854кВт ) Вашего дома в Ялте (коэффициент инсоляции 3,57).