

Преобразование тепловой энергии океана и приливные электростанции

Работу выполнил студент группы б1ТПЭН31:
Полешиков Артём

- Мировой океан – крупнейший естественный коллектор солнечного излучения. В нем между теплыми, поглощающими солнечное излучение по-
- верхностными водами и более холодными придонными достигается разность температур в 20 °С. Это обеспечивает непрерывно пополняемый запас тепло-
- вой энергии, которая принципиально может быть преобразована в другие виды. Сам термин «преобразование тепловой энергии океана» (ОТЕС) – «ocean termal energy conversion» – означает преобразование некоторой части этой
- тепловой энергии в работу и далее в электроэнергию.

Мировой океан.

- Океаны покрывают более 70% поверхности Земли и являются самыми большими в мире коллекторами солнечной энергии. Потенциал океанов в энергетике велик. Для сравнения, плотность энергии солнечной радиации – 1400 Вт/м², энергии ветра – 1700 Вт/м², а тепловой энергии океанов тропических широт – 300 000 Вт/м²!

Преобразование тепловой энергии океана

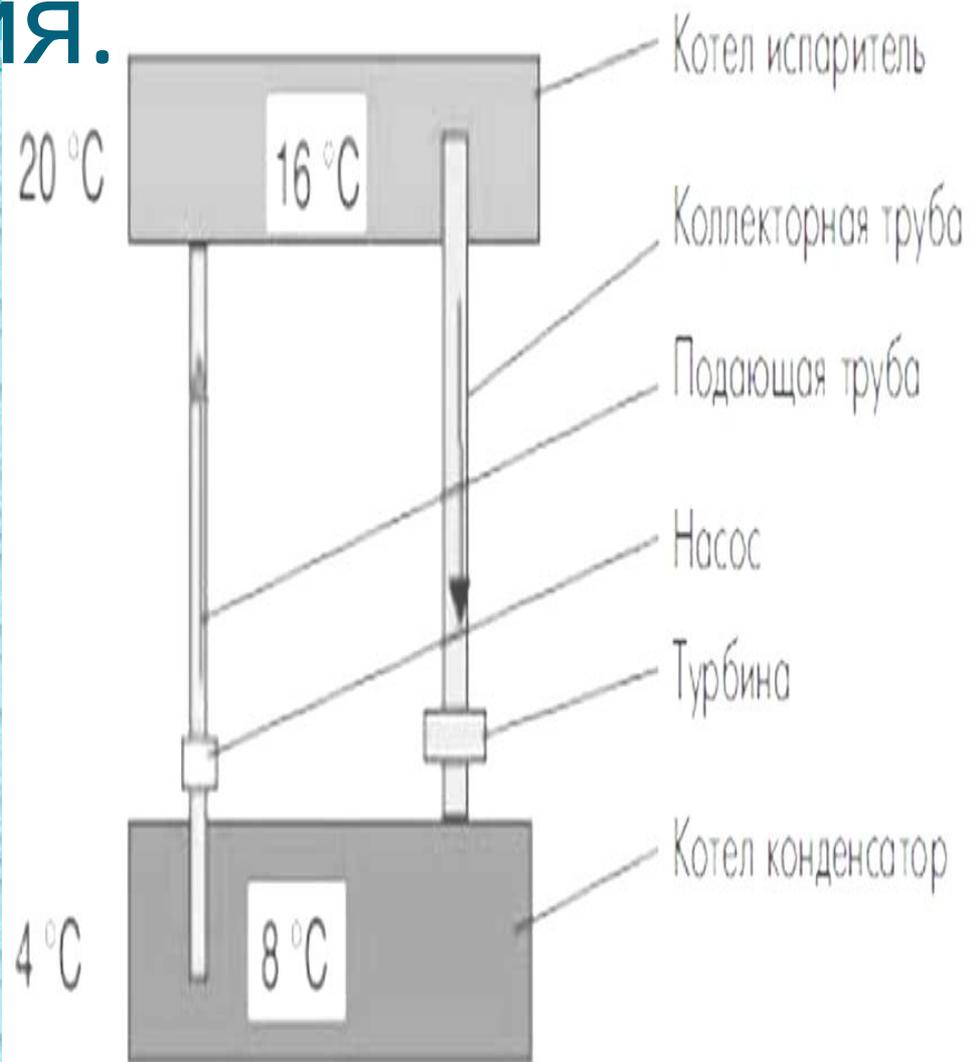
- Суть заключается в использовании разницы температур глубинных и поверхностных вод океана. Энергия извлекается из движения тепловых потоков.
- Существующая технология дает возможность производить совсем небольшое количество электроэнергии. Однако, в скором времени данная технология будет усовершенствована, что позволит производить необходимое количество энергии.

ОТЭС.

● Разработки по использованию тепловой энергии океана входят в национальные научно-технические программы таких стран, как США, Япония, Франция, Швеция, Индия. В 1979 г. в США вблизи Гавайских островов была испытана первая в мире океаническая ТЭС (ОТЭС) мощностью 50 кВт, смонтированная на барже. В 1980 г. там же была пущена ОТЭС мощностью 1 МВт, смонтированная на переоборудованном танкере. Обе установки работали по замкнутому циклу и предназначались для исследовательских целей. В октябре 1981 г. на острове Науру в Тихом океане (Япония) была пущена опытная ОТЭС мощностью 100 кВт, использующая замкнутый цикл. Это первая в мире океаническая береговая электростанция. Ее успешная работа показала целесообразность сооружения на японских островах береговых ОТЭС мощностью до 10 МВт. Опыты и расчеты показывают, что себестоимость электроэнергии ОТЭС соответствует себестоимости энергии, вырабатываемой современными ТЭС и АЭС.

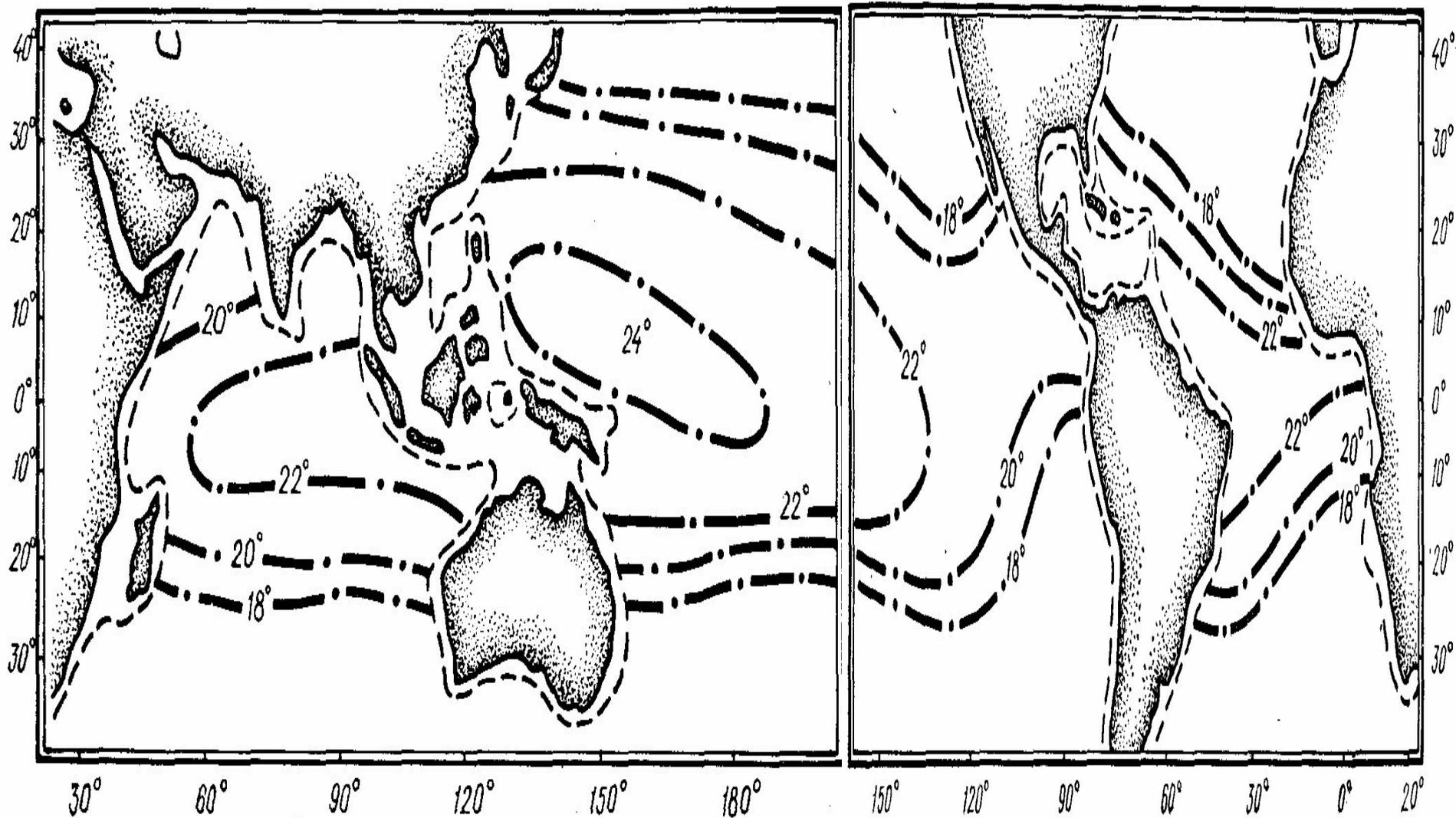
Принцип действия.

Принцип действия океанических тепловых электростанций (ОТЭС), опирающийся на основные законы термодинамики, весьма прост. Теплая морская вода из верхних слоев используется для испарения жидкости, точка кипения которой не превышает 25...30 °С (фреон, пропан, аммиак). Пар этой жидкости подается в турбогенератор и приводит его во вращение. Отработавший после выхода из турбины пар охлаждается более холодной водой, поступающей из глубинных слоев, конденсируется и вновь используется в цикле. Таким образом, поддерживается перепад давления пара на входе в турбину и выходе из нее, необходимый для вращения ее вала.

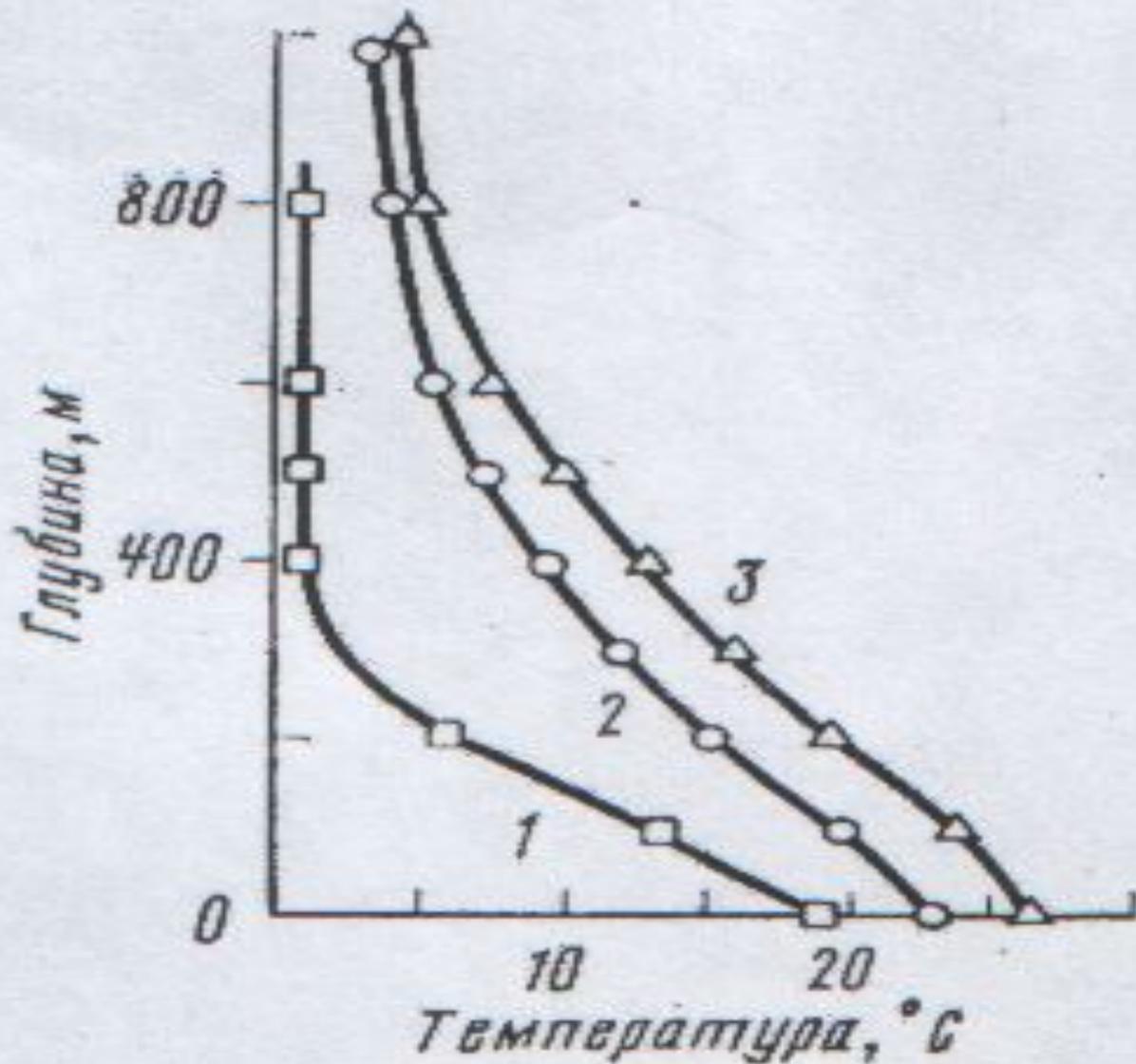


- Для определения реализуемых запасов тепловой энергии необходимы сведения о распределении температур на поверхности океана, толщине прогретого слоя,
- глубине залегания слоя холодных вод, скорости перемещения водных масс.
- Первая такая приближенная оценка была выполнена в 1977 г. Она базировалась на том, что в среднем по Мировому океану разность температур между поверхностью и глубинами примерно в 400 м составляет 12°C , лишь в некоторых районах вблизи экватора достигая 20°C .
- Считая в среднем, что разность температур в 12°C сохраняется на всей свободной ото льда поверхности площадью около $3 \cdot 10^{14} \text{ м}^2$ в слое толщиной 100 м, общую тепловую энергию, присутствующую в океане в любой момент времени, можно оценить как
- $W \text{ vs } T p = \rho D$, где
- ρ – плотность воды, кг/м^3 ;
- v – объем нагретых вод, м^3 ;
- c – удельная теплоемкость воды, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.
- $c = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

- Распределение перепадов температур в приэкваториальных зонах
- Мирового океана (пунктиром отмечены глубины 1000 м)

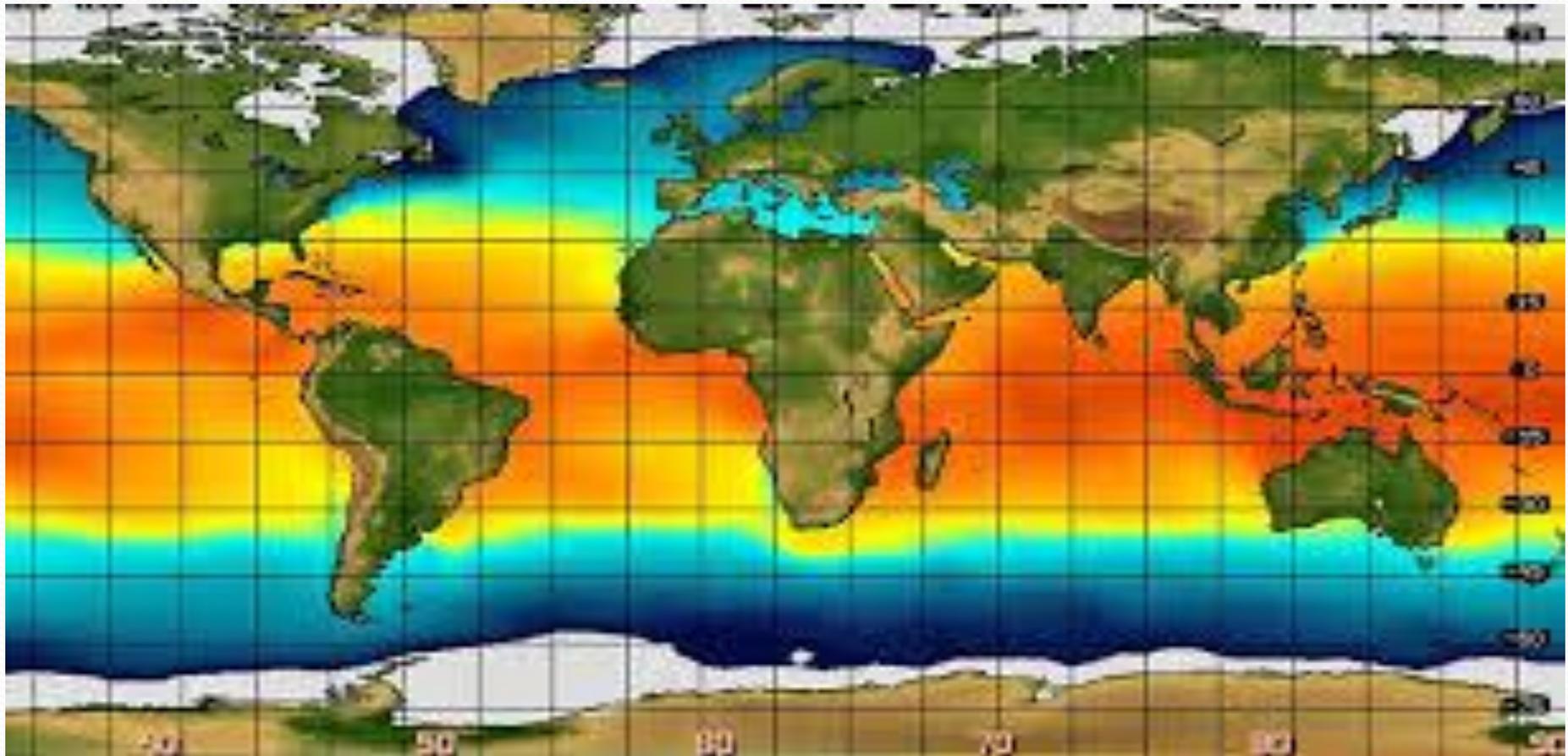


Тропические районы
Мирового океана, где
существует устойчивая
разница между
температурой
приповерхностных и
глубинных слоев воды,
которую можно
использовать для
производства
электричества. В ряде
тропических районов она
достигает 20°C (25°C на
поверхности океана и 5°C
на глубинах порядка
400 м) .



1 — в бухте Тояма; 2 — в проливе Осуми; 3 — у острова Ириомото.

- Более точные оценки требуют знания картины распределения температур. Карты показывают, что площадь зоны с постоянным максимальным перепадом температур не так уж велика и составляет примерно 20 млн. км².



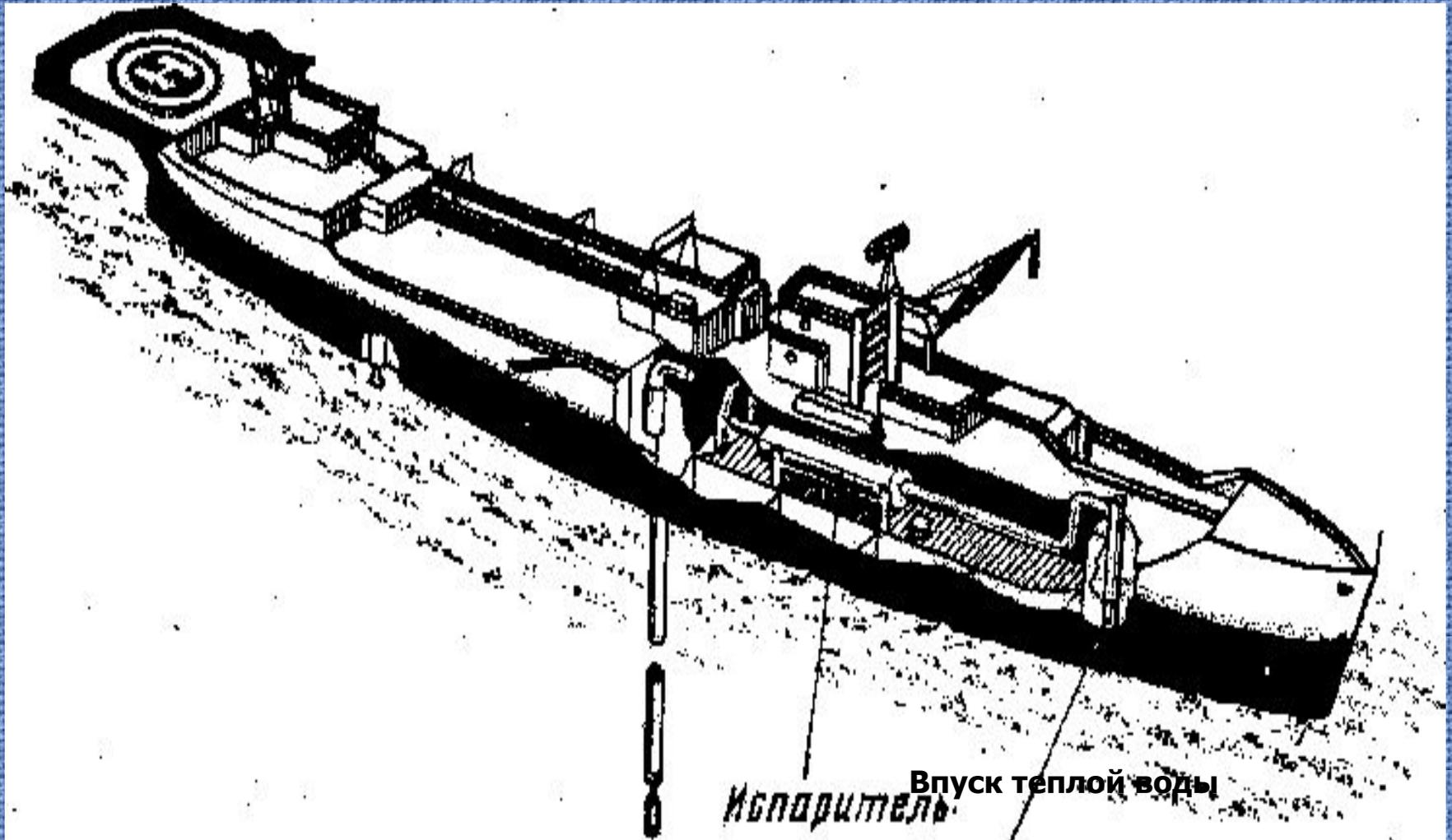
Последние десятилетия характеризуется определенными успехами в использовании тепловой энергии океана.

Так, созданы установки мини-ОТЭС и ОТЭС-1. В августе 1979 г. вблизи Гавайских островов начала работать теплоэнергетическая установка мини-ОТЭС.

- Пробная эксплуатация установки в течение трех с половиной месяцев показала ее достаточную надежность. При непрерывной круглосуточной работе не было срывов, если не считать мелких технических неполадок, обычно возникающих при испытаниях любых новых установок. Ее полная мощность составляла в среднем 48,7 кВт, максимальная – 53 кВт; 12 кВт (максимум 15) установка отдавала во внешнюю сеть на полезную нагрузку, точнее – на зарядку аккумуляторов. Остальная вырабатываемая мощность расходовалась на собственные нужды установки. В их число входят затраты энергии на работу трех насосов, потери в двух теплообменниках, турбине и в генераторе электрической энергии.

Миниустановка ОТЭС, дающая «чистый» выход энергии.

Миниустановка была смонтирована на барже вблизи мыса Кеахоле на Гавайских островах в августе 1979 году



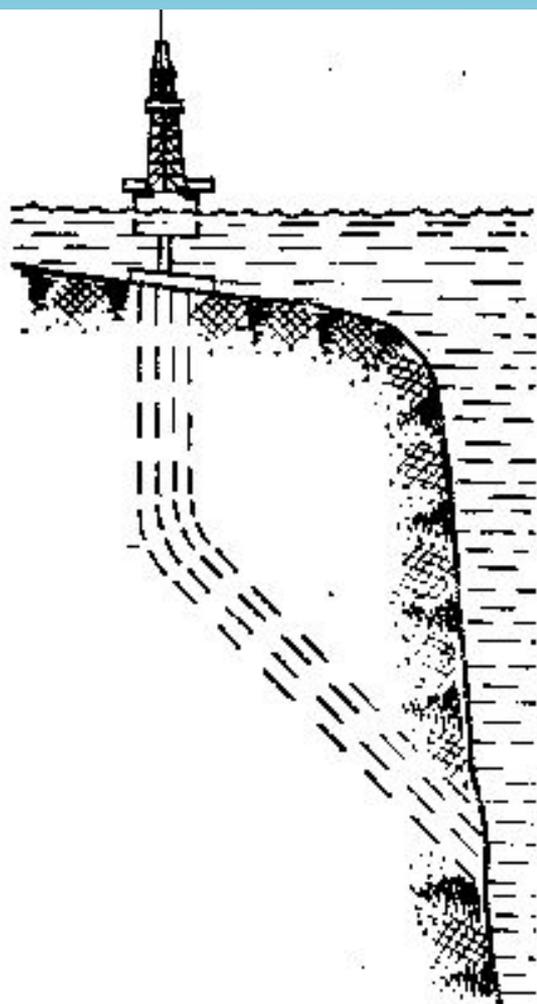


Рис. 3.2. Трубопровод для ОТЭС, проложенный в скальных породах

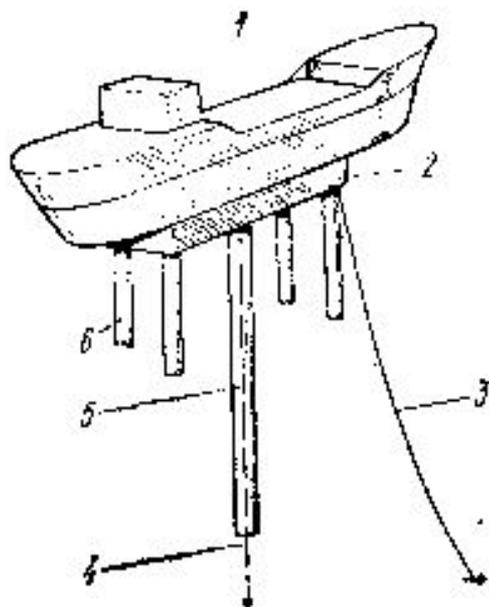
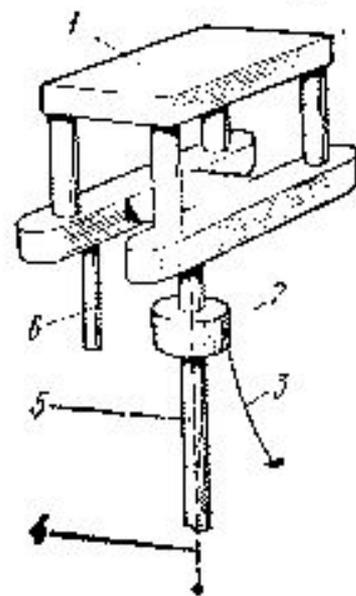
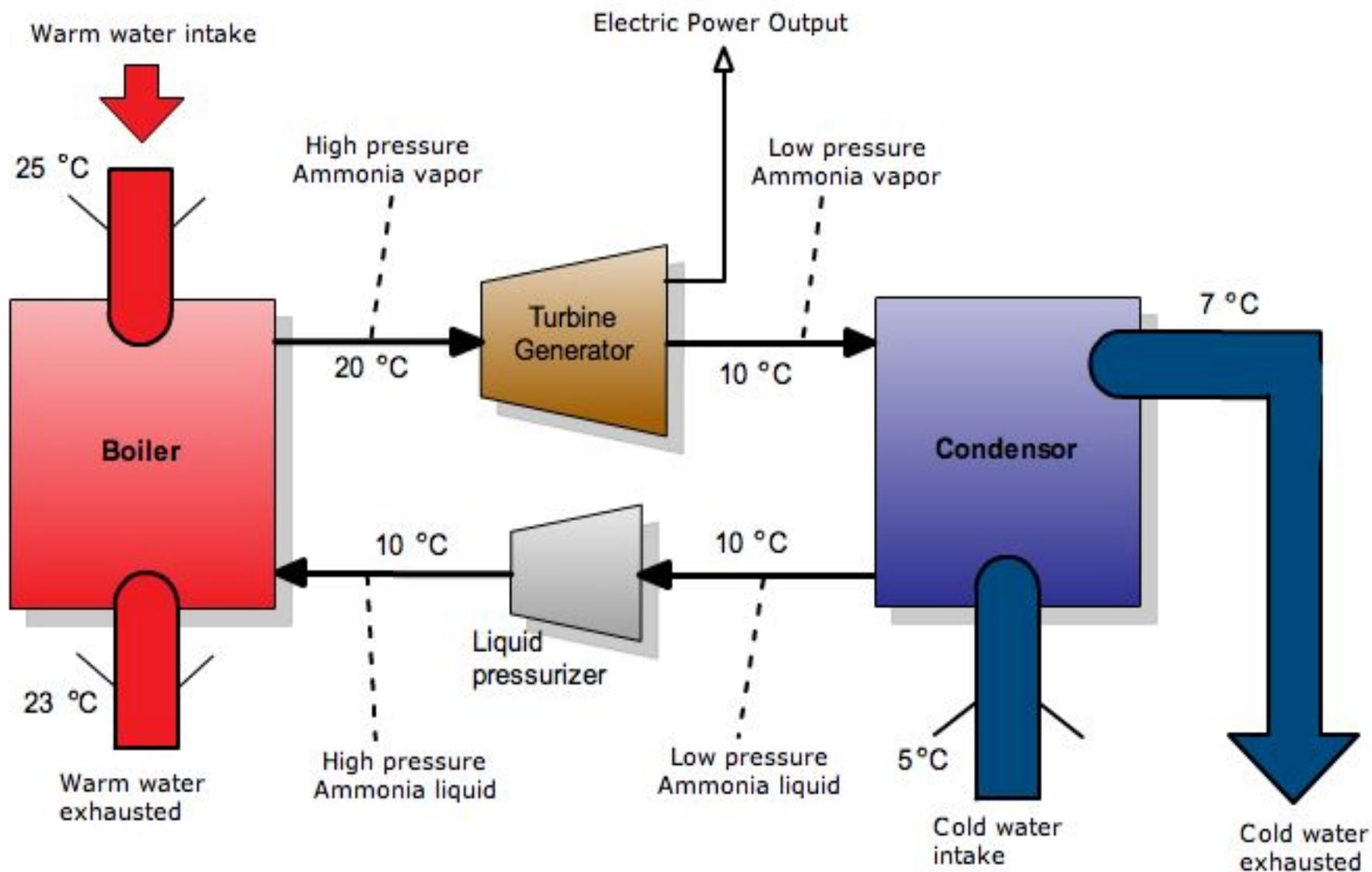


Рис. 3.3. Схема крепления плавучей ОТЭС к трубопроводу с переходной платформой [83].

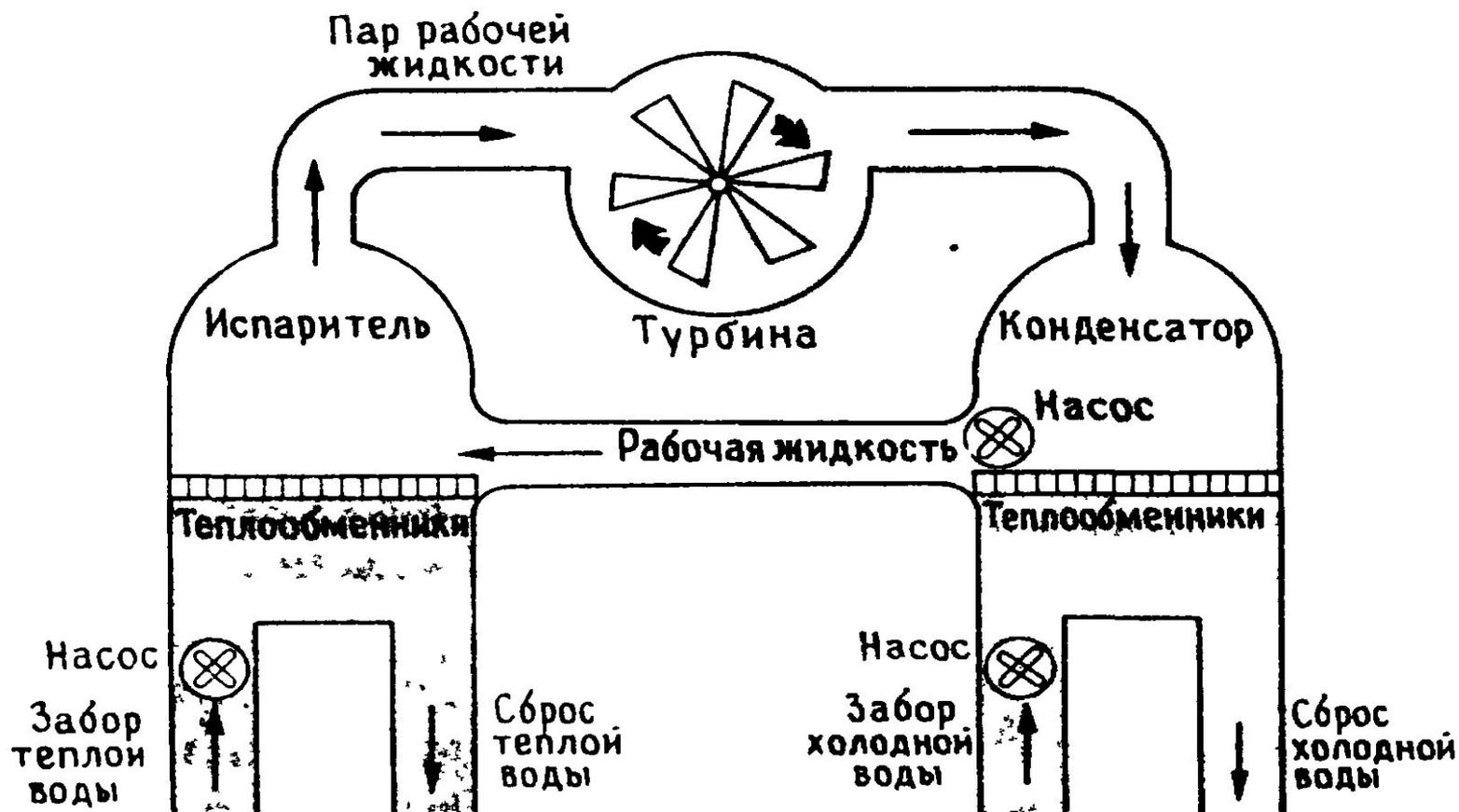
1 — платформа с агрегатами ОТЭС; 2 — переходная платформа; 3 — якорный трос; 4 — монтажный трос; 5 — трубопровод для подъема холодной воды; 6 — трубопровод для сброса воды



OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)



Рабочие тела и оборудование ОТЭС.



Полупогруженная платформа в виде цилиндрического заякоренного буя мощностью 160 МВт.

Схематическое изображение
крупной ОТЭС (разработка
компании Lockheed Missiles and
Space):

- 1 — труба для забора
холодной воды;
- 2 — цистерны
плавучести;
- 3 — конденсатор;
- 4 —
турбогенераторы;
- 5 —
резервуар для аммиака;
- 6 — отверстия для забора
теплой воды;
- 7 — каюты для
персонала;
- 8 — системы регулирования
плавучести энергетического
модуля;
- 9 — испаритель;
- 10 — пост
управления и отсек для
механического
оборудования;
- 11 —
циркуляционные насосы
холодной воды;
- 12 — конденсатные насосы.

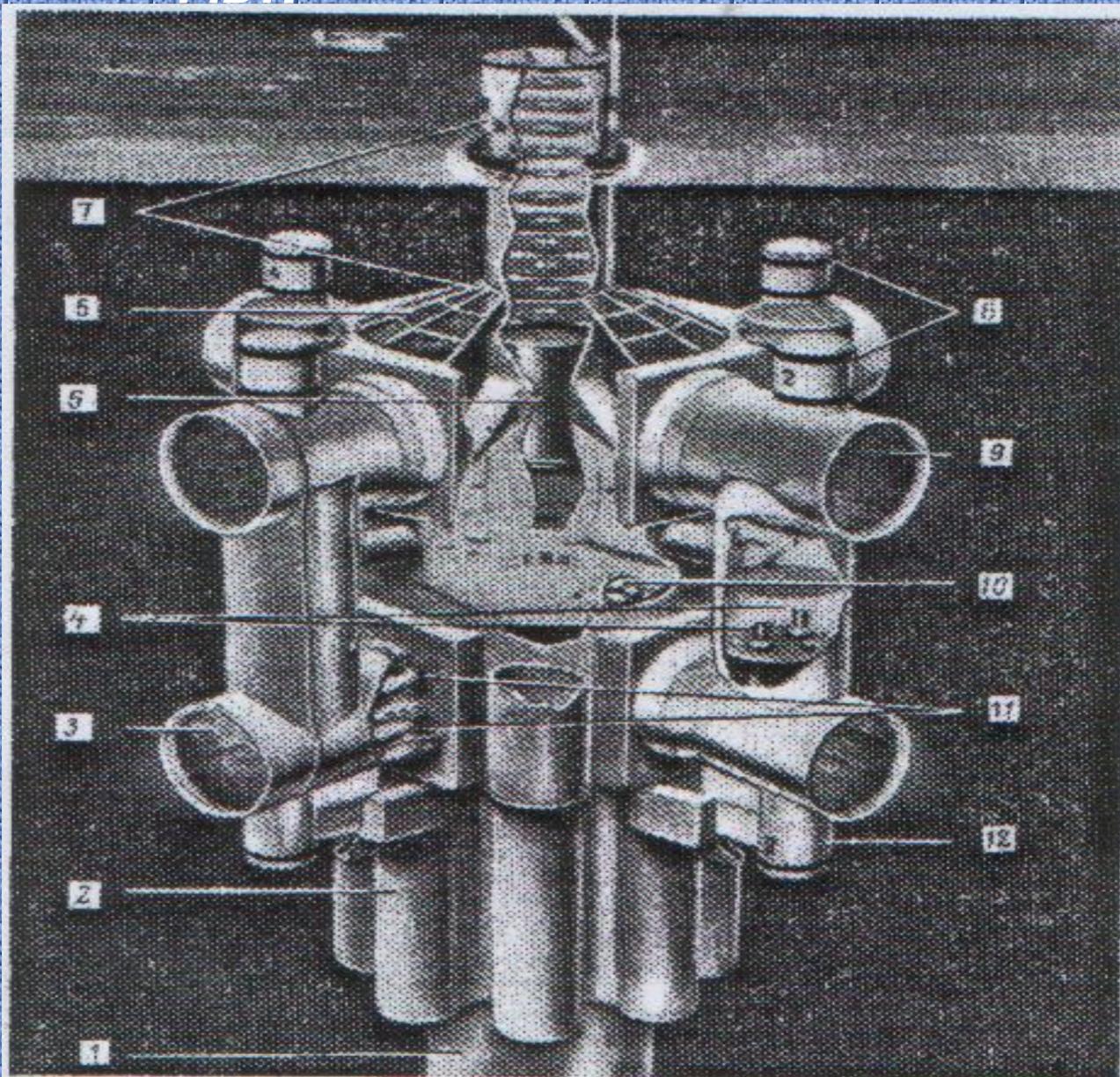
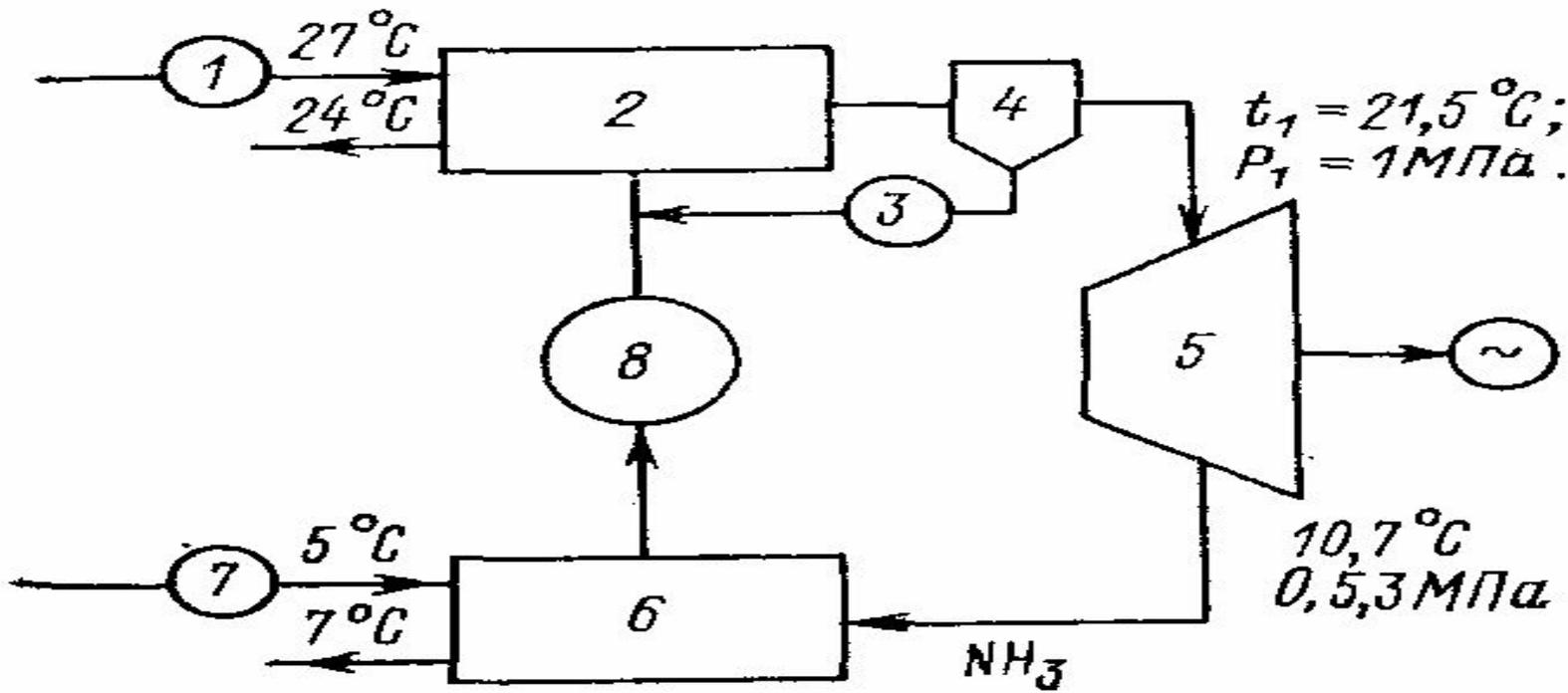


Схема ОГЭС, работающей по замкнутому циклу Ренкина.



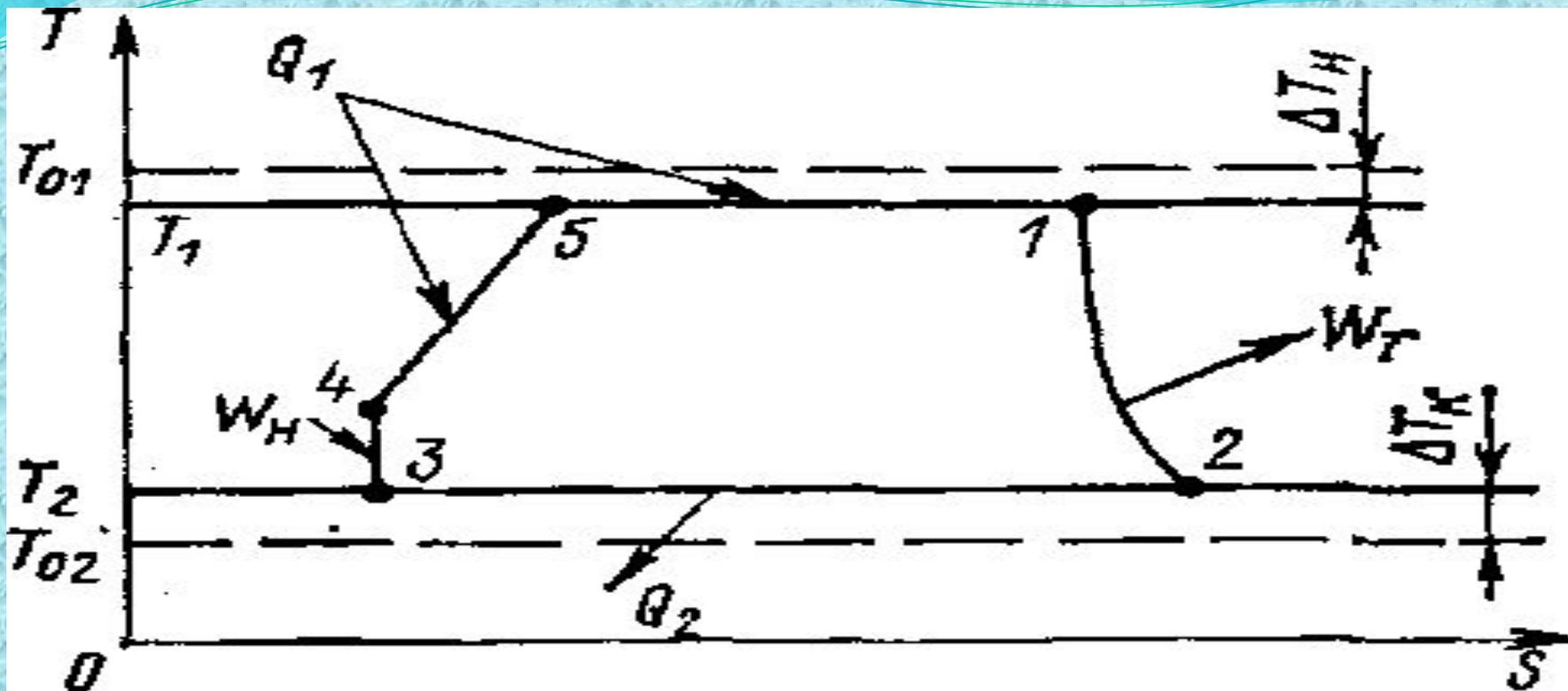
1 - насос теплой воды; 2 - испаритель; 3 - насос осушителя парообразного рабочего тела; 4 - осушитель; 5 - турбина с электрогенератором; 6 - конденсатор; 7 - насос для забора холодной воды; 8 - насос для подачи рабочего тела.

В такой системе с помощью теплых поверхностных вод, прокачиваемых насосом через теплообменник испарителя, превращают в пар какое-либо подходящее рабочее тело (аммиак, фреон, пропан), создают пар повышенного давления, давая ему возможность расшириться через турбину в холодильник, где пар конденсируется при контакте с охлаждаемыми поверхностями второго теплообменника, омываемого водой, закачиваемой из глубинных слоев океана.

Основным недостатком такой установки являются огромные расходы теплой и холодной воды.

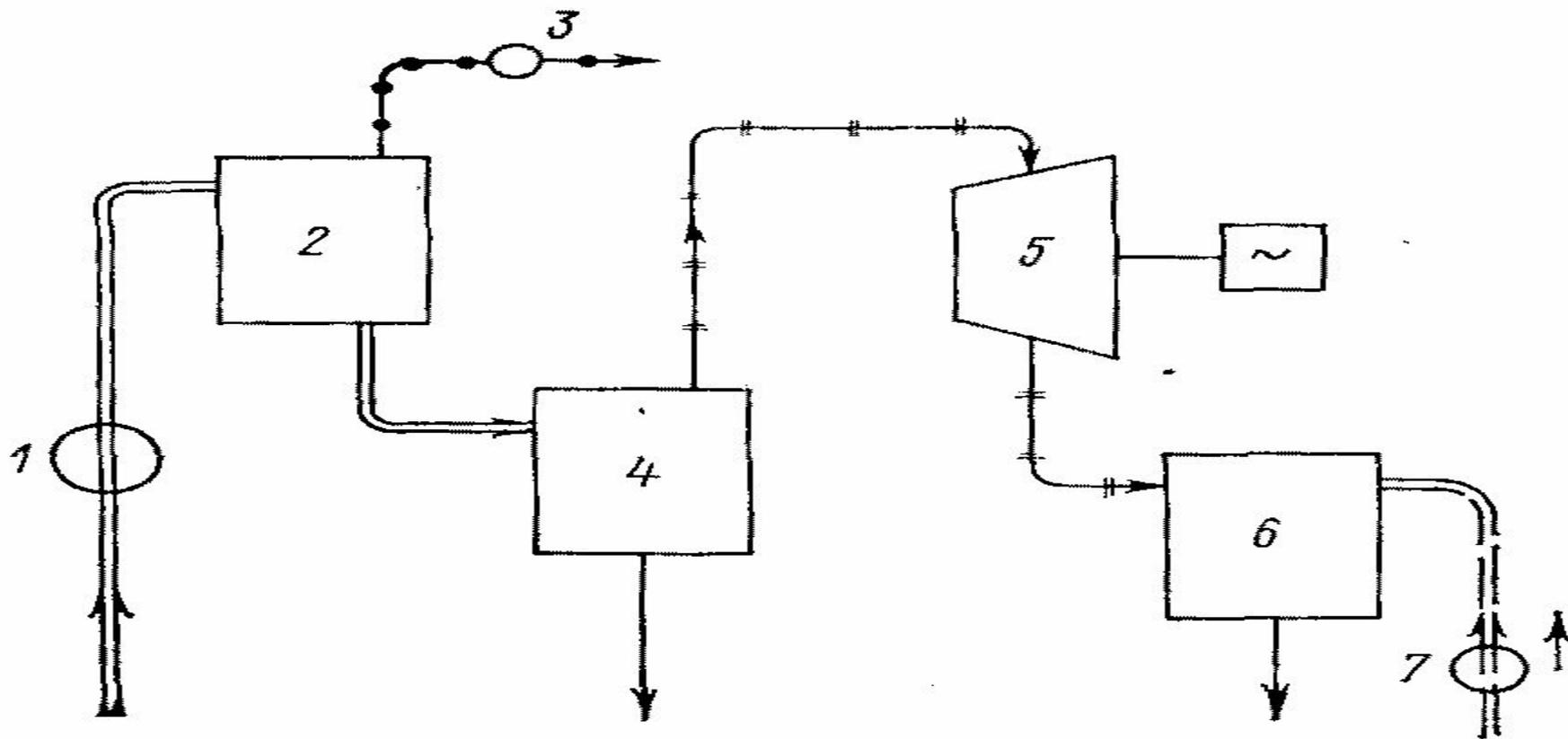
Станция мощностью 40 МВт должна иметь водоизмещение примерно 70 тыс. т, диаметр трубопровода холодной воды 10 м и рабочую поверхность теплообменника около 45 тыс. м².

Термодинамический цикл ОТЭС (цикл Ренкина).



Полезная работа, совершаемая паром в турбине, определяется 1-2, на участке 2-3 происходит конденсация, затем насосом рабочее тело подается в испаритель 3-4, где нагревается (4-5) и испаряется (ветвь 5-1). Таким образом, подвод рабочего тела к системе тепла осуществляется на ветви 3-4-5, а отвод - на 2-3. Дополнительную работу приходится затрачивать на закачку конденсата в испаритель (3-4) и на подачу воды в нагреватель и холодильник.

Схема ОГЭС, работающей по открытому циклу Клода.



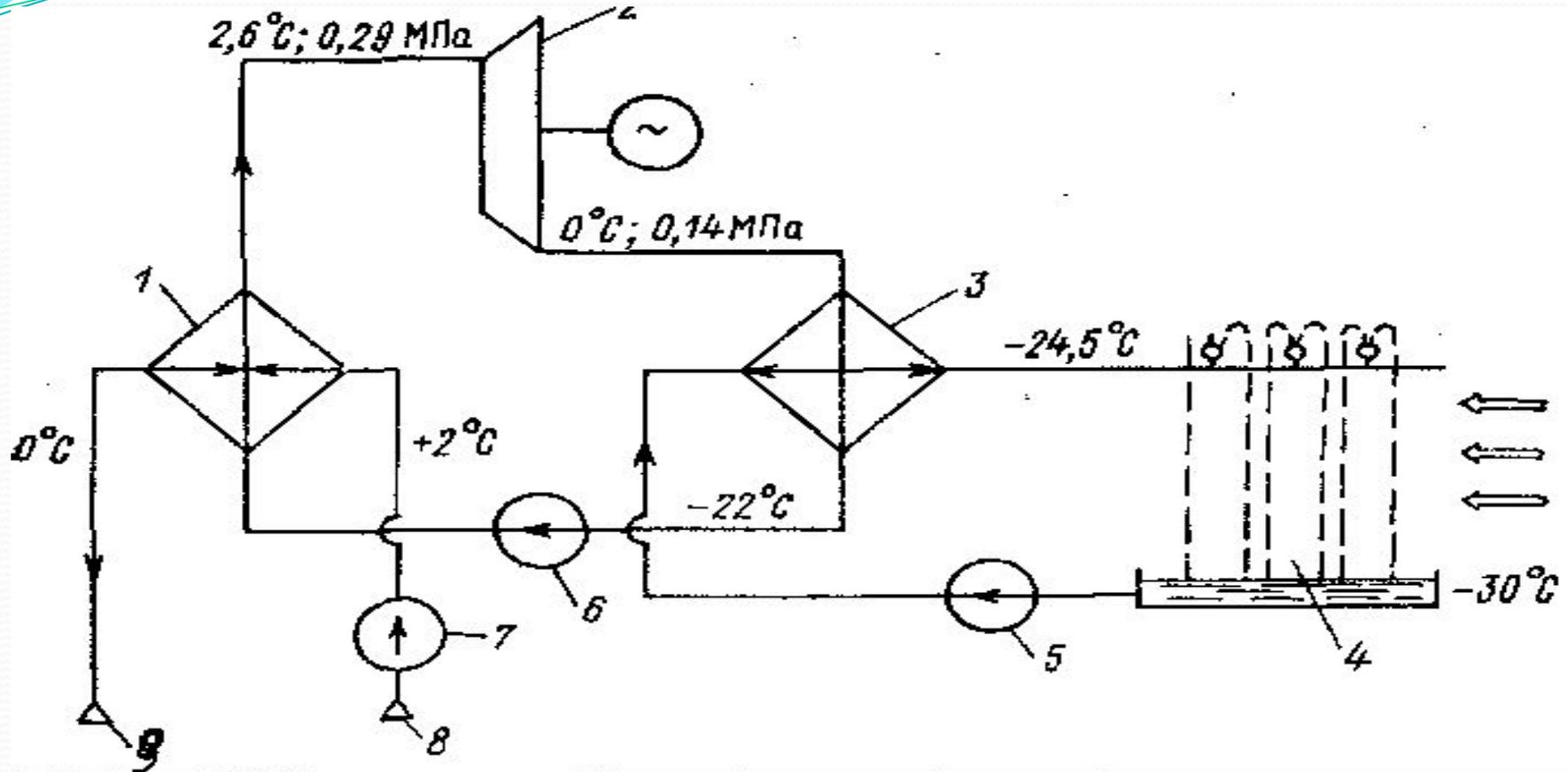
1-насос теплой воды; 2 - деаэратор; 3 - вакуумный насос;
4 - испаритель; 5 - турбина с электрогенератором;
6 - конденсатор; 7 - насос для подъема холодной воды.

В качестве рабочего тела здесь использована морская вода, подаваемая в испаритель через деаэратор, освобождающий воду от растворенных в ней газов. Предварительно из полостей испарителя и конденсатора удаляется воздух, так что давление над поверхностью жидкости определяется только давлением насыщенных паров, которое сильно зависит от температуры. При характерных для ОТЭС температурах этот перепад составляет примерно 1,6 кПа (при замкнутом цикле на аммиаке около 500 кПа), под действием этого перепада пары воды приводят в движение турбину, попадают в конденсатор, где и превращаются в жидкость.

Основной технический недостаток систем открытого цикла: малость перепада давлений, что требует использования соответствующих гигантских турбин диаметром в несколько десятков метров.

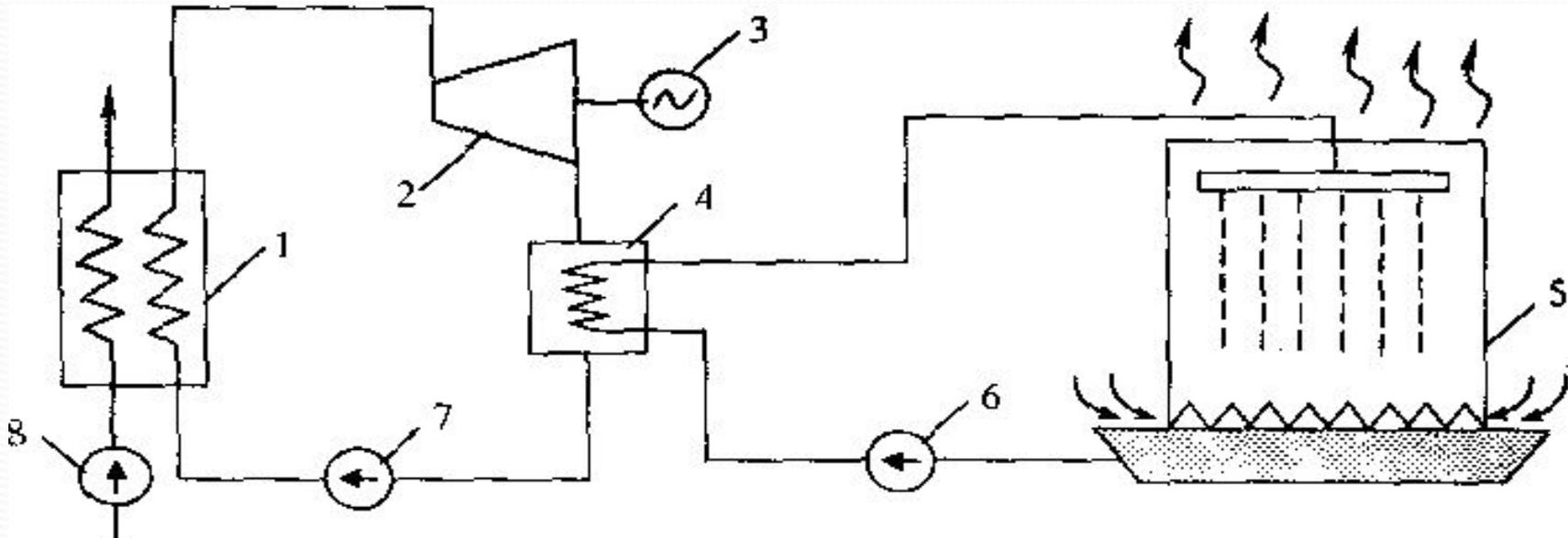
АККУМУЛИРОВАННАЯ ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ

Схема арктической ОТЭС на перепаде вода-воздух



1 - испаритель основного контура; 2 - турбина с электрогенератором; 3 - конденсатор; 4 - теплообменник контура охлаждения промежуточного рабочего тела; 5 - насос для подачи хладагента; 6 - насос для подачи рабочего тела; 7 - насос для подачи морской воды; 8 - водозаборник; 9 - патрубок сброса отработанной воды.

Тепловая схема АОТЭС с промежуточным контуром охлаждения, работающая по замкнутому циклу раб. тело – аммиак.



1-парогенератор;

2-турбина;

3-электрогенератор;

4-конденсатор;

5-оросительная градирня;

6,7,8-насосы.

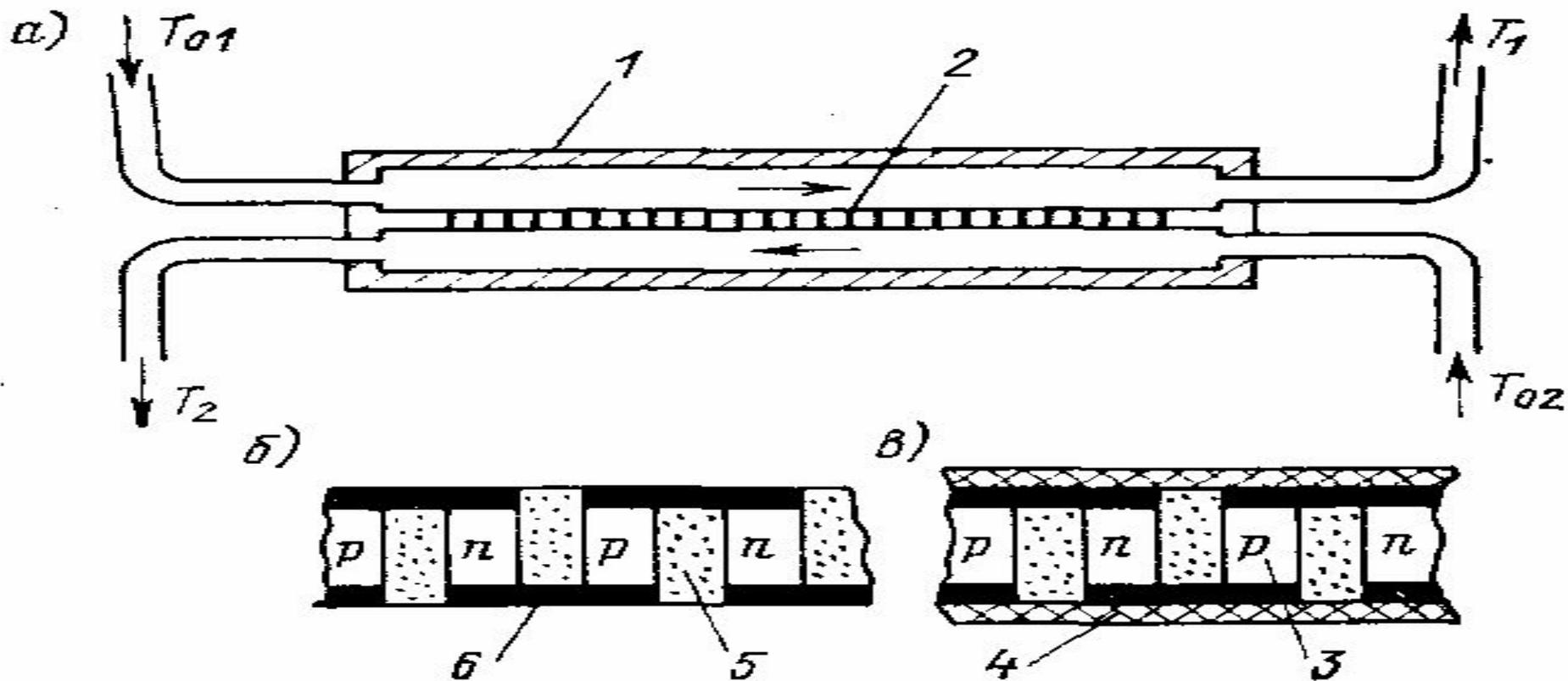
● В такой схеме используется дополнительный контур с промежуточным теплоносителем, который позволяет снизить потери энергии на собственные нужды. В качестве промежуточного теплоносителя водный раствор хлористого кальция с концентрацией 26 кг на 100 кг воды. Рабочим телом в основном контуре служит фреон 12.

- С целью интенсификаций процесса охлаждения конденсатора предусмотрен промежуточный теплоноситель (раствор хлорида натрия NaCl;). Пройдя через конденсатор, промежуточный теплоноситель разбрызгивается в виде капель в оросительной градирне 5, которые контактируют с холодным воздухом и охлаждаются. Жидкий теплоноситель циркулирует по замкнутому контуру с помощью насоса 6. Дополнительная интенсификация теплообмена а градирне обеспечивается при ее продувке ветром. При этом отпадает необходимость в применении вентиляторов.

Прямое преобразование тепловой энергии.

- Существуют также ОТЭС на термоэлектрических преобразователях.
- В основе ее действия – явление Зеебека, заключающееся в возникновении разности потенциалов в электрической цепи, составленной из материалов с различной концентрацией носителей заряда, места соединений
- которых нагреты до разных температур.

термоэлектрических преобразователях.



а - устройство отдельного блока; б, в - варианты устройства термоэлектрического преобразователя; 1 - кожух; 2 –термоэлектрический генератор; 3 - полупроводниковые элементы с п- и р-проводимостью; 4 - поверхностное изолирующее покрытие; 5-изолятор; 6 - соединительные шины.

Преимущества ОТЭС

- ТЭС используют чистый, неограниченный, возобновляемый природный ресурс. Тепло поверхности морей и холодная вода глубоководья заменяют традиционные ископаемые топлива, используемые для производства электричества.
- ОТЭС не воздействуют негативно на окружающую среду. Используемая в процессе работы станции вода возвращается в соответствующие океанские слои без каких-либо негативных последствий

Недостатки ОТЭС

- Стоимость электроэнергии, производимой ОТЭС, выше традиционной.
- Для нормальной работы ОТЭС необходимо соблюдение ряда природных условий (разность температур между теплым поверхностным и холодным глубоководным слоями воды должна составлять 200, причем, экономический эффект достигается, когда расстояние от поверхности до глубины с необходимой температурой не превышает 1 км).
- Конструкции океанских станций и проложенные под водой трубы могут повреждаться из-за плохих погодных условий, прибоев, рифов.
- Отсутствуют достаточно эффективные и экономически приемлемые средства борьбы с коррозией и биологическим обрастанием оборудования и трубопроводов

Выводы.

- Широкому строительству ОТЭС в настоящее время препятствуют некоторые технические проблемы. Так, например, еще нет достаточно эффективных и экономически приемлемых средств для борьбы с коррозией и биологическим обрастанием оборудования и трубопроводов.
- ОТЭС экологически чисты. Однако, при утечке в контуре, по которому циркулирует рабочая жидкость, возможен существенный ущерб для морской флоры и фауны.
- Описанные способы преобразования тепловой энергии океана наиболее эффективны там, где выше перепад температур между верхними и нижними слоями воды. Наиболее перспективны в этом отношении тропические и субтропические районы океана.

- Разновидностью описанного способа утилизации тепловой энергии океана является метод, основанный на использовании разности температур воды и воздуха над ее поверхностью. Он перспективен для арктических районов океана. В России исследуется возможность сооружения таких ОТЭС на побережье Северного Ледовитого океана, где температура воды на 30...40 °С выше температуры атмосферного воздуха. Предполагается, что в этом случае ОТЭС, обеспечивая потребности в электроэнергии районов Крайнего Севера, смогут конкурировать по экономическим показателям с тепловыми электростанциями, работающими в этом регионе на привозном топливе.



-
-

Приливная энергетика

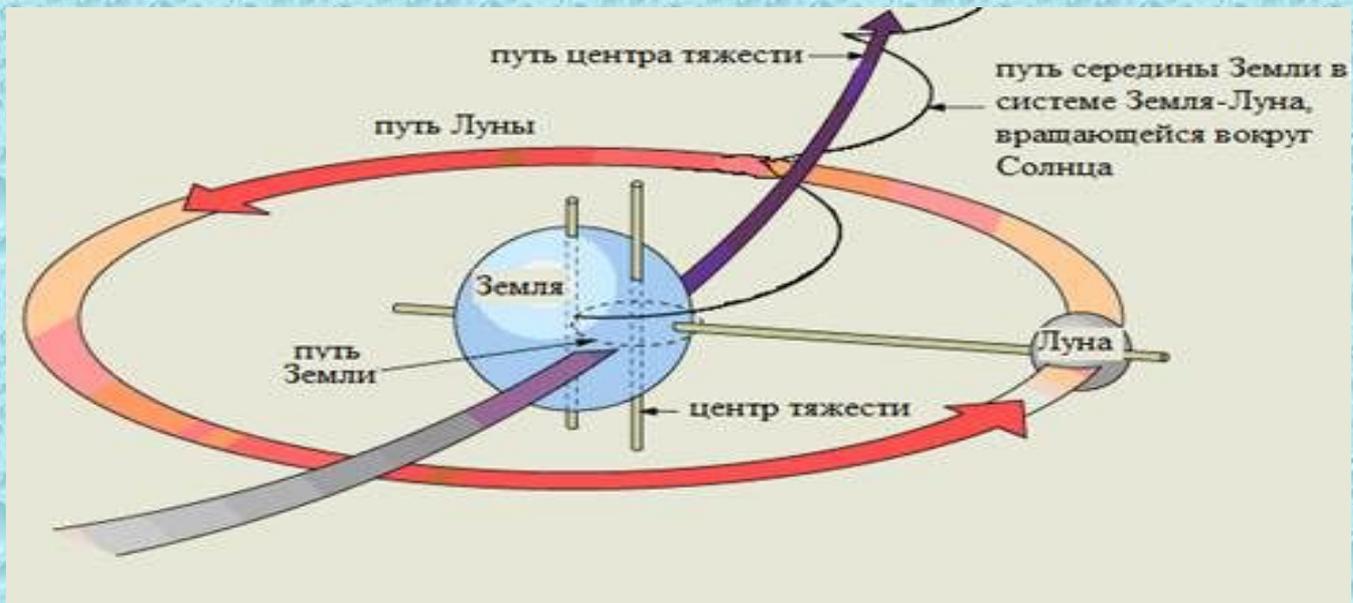
Приливная энергетика

- Приливная энергетика является одним из перспективных способов получения альтернативной энергии.
- В ее основе лежит технология преобразования морской энергии, образующейся во время приливов и отливов, в электрическую. Хорошим местом для постройки приливной электростанции является узкий морской залив, который отсекается плотиной от океана. В отверстиях плотины размещаются гидротурбины с генераторами.

- Генератор и турбина заключены в обтекаемую капсулу, которая очень удобна в использовании. Главным достоинством таких капсульных агрегатов является их универсальность. Они способны не только вырабатывать электрическую энергию при движении через них морской воды, но и выполнять функции насосов. При этом производство электроэнергии происходит как в период прилива, так и в период отлива.

Принцип явления прилива

Гравитационная сила, с которой Луна воздействует на Землю, создает приливные изменения уровня моря (океана), которая поднимается и опускается в соответствии с движением Луны вокруг Земли, хотя без Луны их диапазон значительно уменьшился бы, но само явление не исчезло полностью. Луна создает только две трети от приливных эффектов на нашей планете. Остальная часть формируется Солнцем и в меньшей части планетами (в особенности Юпитером). Земля, вместе с Луной, вращаются вокруг общего центра тяжести, что создает центробежную силу.



- **Использовать энергию приливов можно на ПЭС, где используется перепад уровней воды, образующейся во времени прилива и отлива. Для этого создают прибрежный бассейн с платиной, которая задерживает воду во время отлива. После того как вода попала в бассейн – ее выпускают через специальные гидротурбины, которые вырабатывают электроэнергию.**
- **В 20 веке ученые задумались над использованием огромного потенциала энергии приливов электроэнергетике. Главным отличием от ГЭС является тот факт, что приливные электростанции (ПЭС) можно строить в труднодоступных местах и при этом не затоплять территории.**

Приливные электростанции

- Приливная электростанция (ПЭС) – электростанция, преобразующая энергию морских приливов в электрическую. ПЭС использует перепад уровней «полной» и «малой» воды во время прилива и отлива. Перекрыв плотиной, залив или устье впадающей в море (океан) реки (образовав водоём, называют бассейном ПЭС), можно при достаточно высокой амплитуде прилива ($> 4 \text{ м}$) создать напор, достаточный для вращения гидротурбин и соединённых с ними гидрогенераторов.

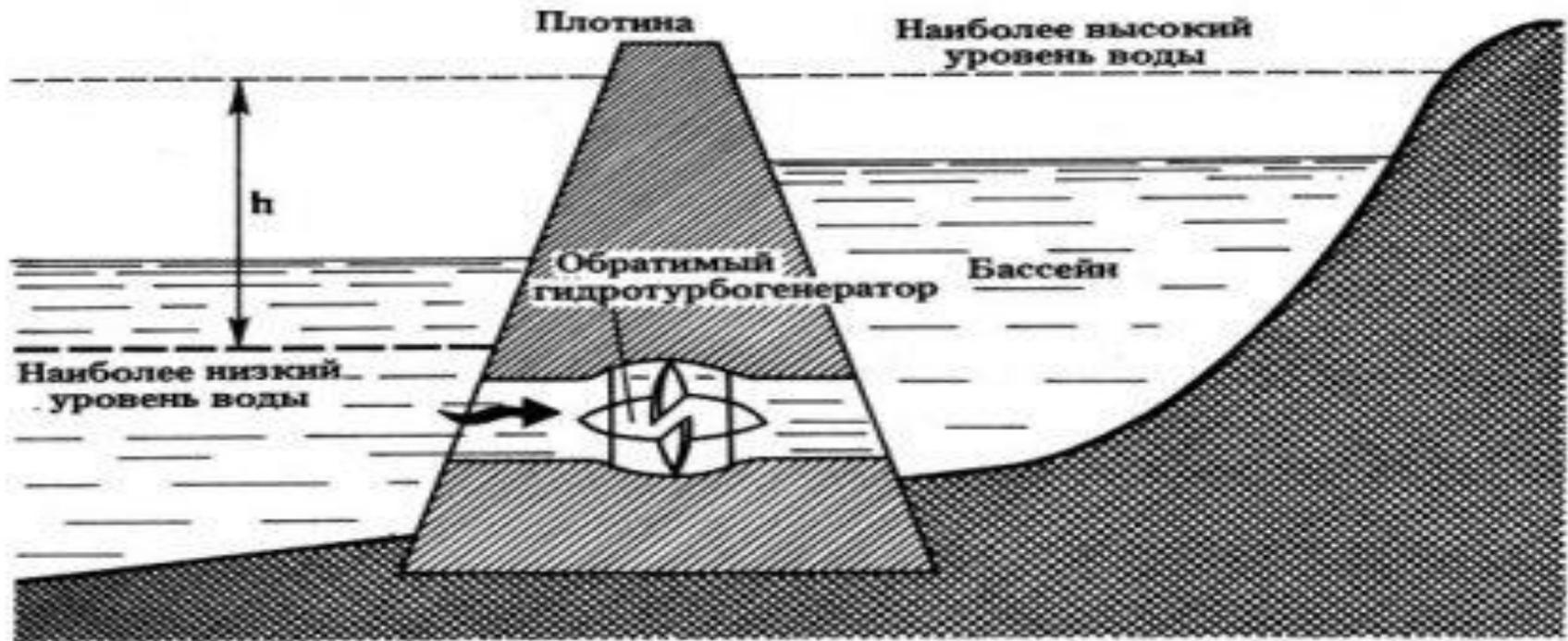
Первая в мире ПЭС построена в 1966 году во Франции на реке Ранс. Выбор места строительства электростанции был обусловлен значительными приливами в устье реки, высота которых здесь может достигать 13,5 м, а их обычная высота — 8 м. Строительство велось с 1963 по 1966 годы. По окончании общая сумма затрат составила около 150 млн. долл. Установленная мощность — 240 МВт.

В 1968 г. на побережье Баренцева моря в Кислой губе сооружена **первая в нашей стране** опытно-промышленная ПЭС. В здании электростанции размещено 2 гидроагрегата мощностью 400 кВт. Основоположниками этого проекта были советские ученые Лев Бернштейн и Игорь Усачев. Мощность станции — 1,7 МВт.

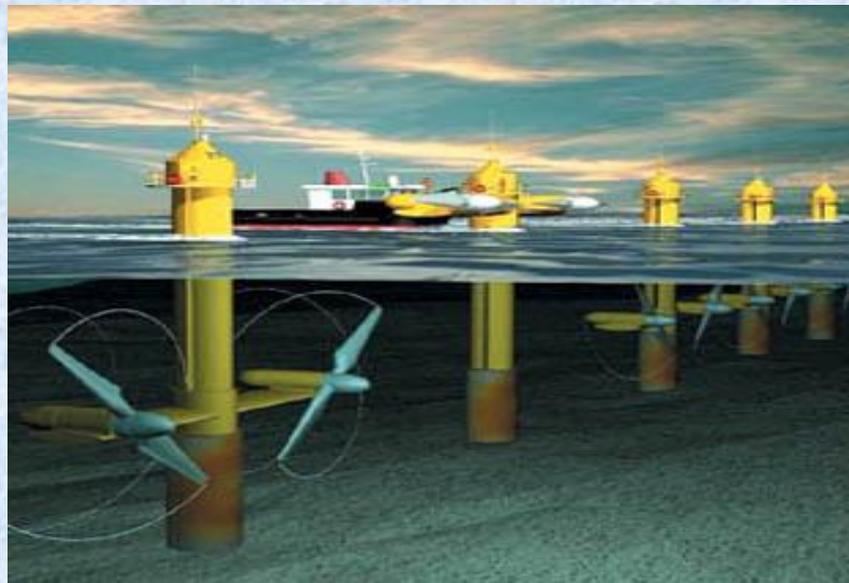
Принцип работы ПЭС

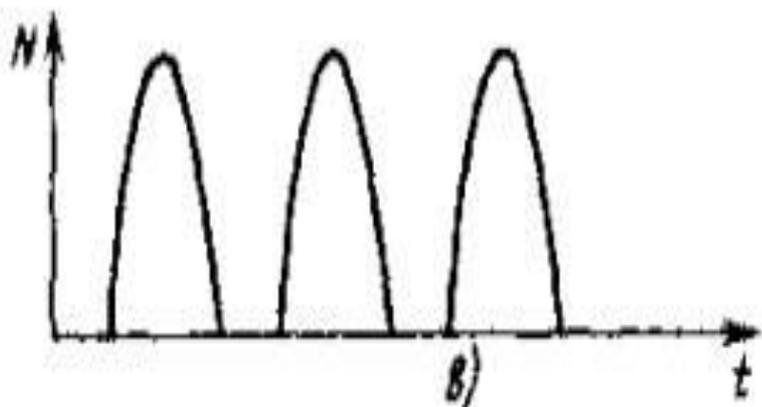
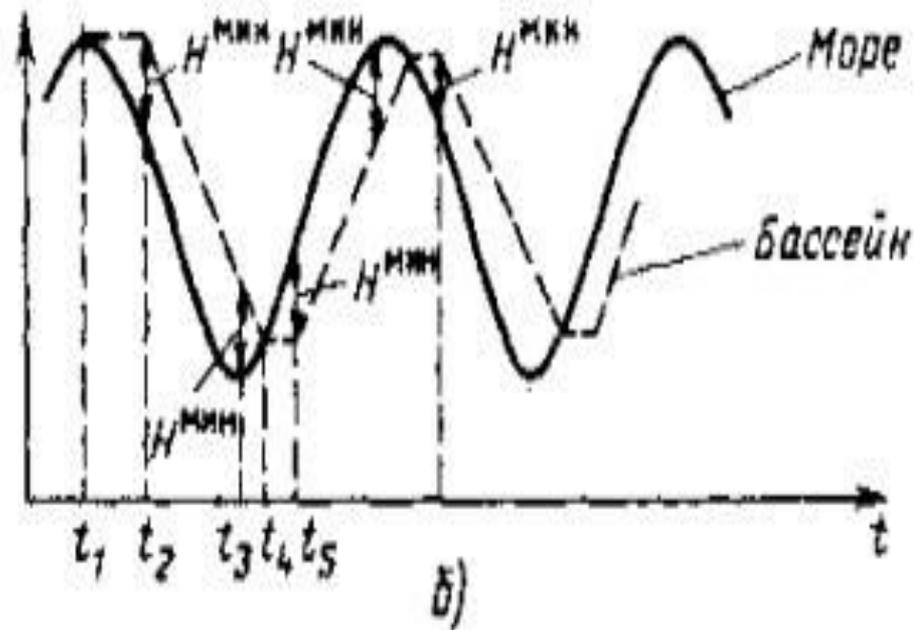
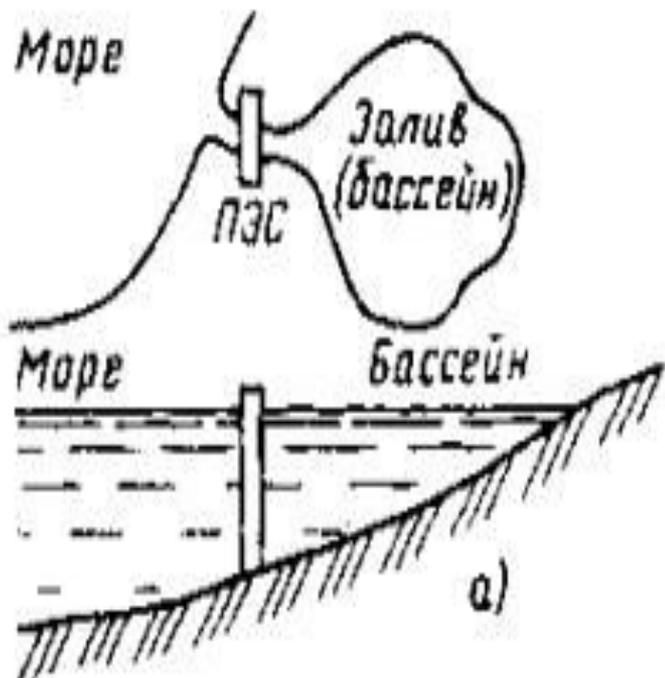
- Режим работы приливной электростанции обычно состоит из нескольких циклов. Четыре цикла, это простой, по 1-2 часа, периоды начала прилива и его окончания. Затем четыре рабочих цикла продолжительностью по 4-5 часов, периоды прилива или отлива, действующих в полную силу. В ходе прилива водой наполняется бассейн приливной электростанции. Движение воды вращает колеса капсульных агрегатов, и электростанция вырабатывает ток. Во время отлива вода, уходя из бассейна в океан, опять вращает рабочие колеса, теперь в обратную сторону. И вновь электростанция снова производит электрический ток, потому что рабочий агрегат обеспечивает одинаково хорошую работу при вращении колеса в любую из сторон. В промежутках между приливом и отливом движение колес останавливается. Чтобы не было перебоев, энергетики связывают приливную электростанцию с другими станциями. Это могут быть, например, тепловые или атомные электростанции. Получившееся энергетическое кольцо помогает во время пауз переложить нагрузку на соседей по кольцу.

Хорошим местом для постройки приливной электростанции является узкий морской залив, который отсекается плотиной от океана. В отверстиях плотины размещаются гидротурбины с генераторами. Генератор и турбина заключены в обтекаемую капсулу, которая очень удобна в использовании. Главным достоинством таких капсульных агрегатов является их универсальность. Они способны не только вырабатывать электрическую энергию при движении через них морской воды, но и выполнять функции насосов. При этом производство электроэнергии происходит как в период прилива, так и в период отлива.



При одном бассейне и правильном полусуточном цикле приливов ПЭС может вырабатывать электроэнергию непрерывно в течение 4 — 5 ч с перерывами соответственно 2 — 1 ч четырежды за сутки (такая ПЭС называется однобассейновой двустороннего действия). Для устранения неравномерности выработки электроэнергии бассейн ПЭС можно разделить плотиной на два или три меньших бассейна, в одном из которых поддерживается уровень «малой», а в другом — «полной» воды; третий бассейн — резервный; гидроагрегаты устанавливаются в теле разделительной плотины.





Однобассейновая ПЭС
двухстороннего действия:

а) – схема ПЭС; б) – график
изменения напора; в) –
график выдаваемой
мощности.

Схема ПЭС.

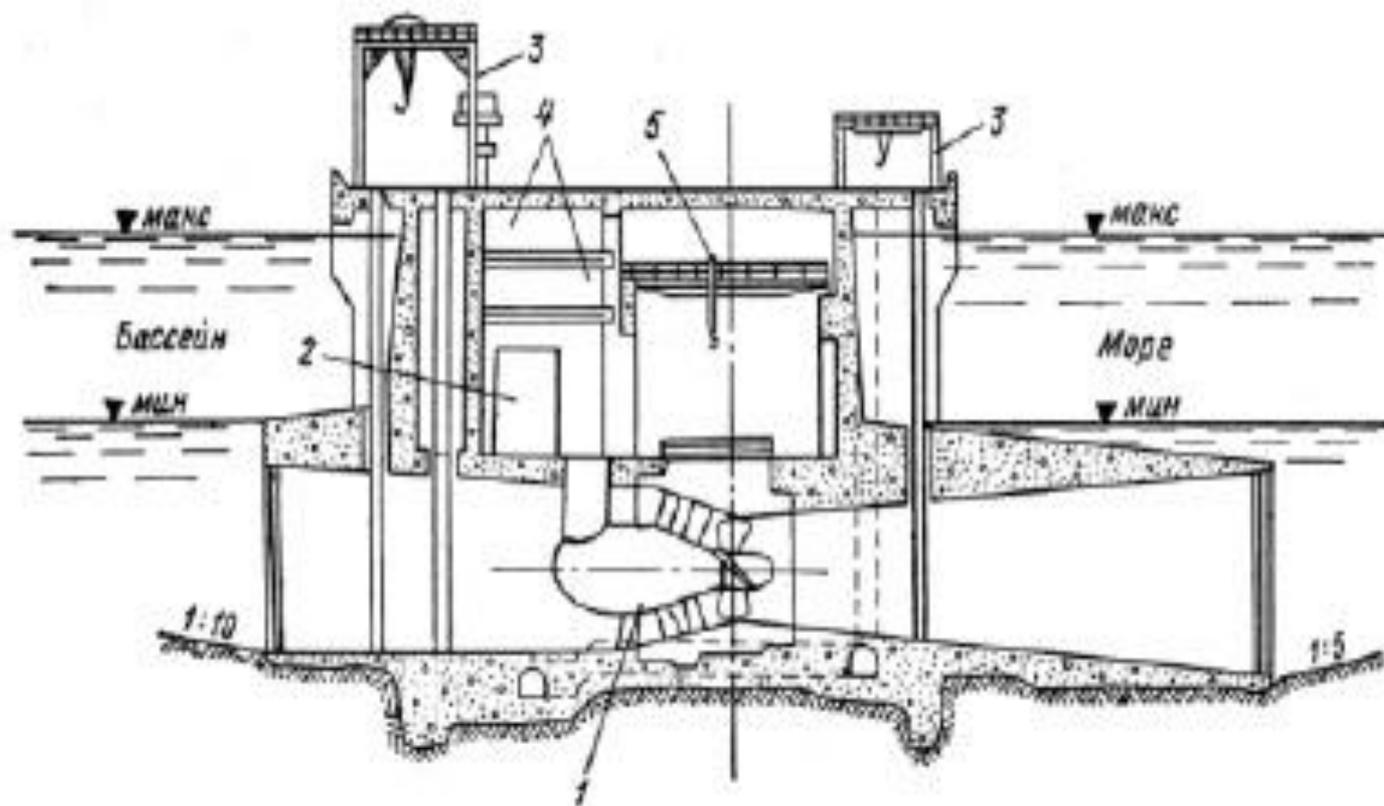
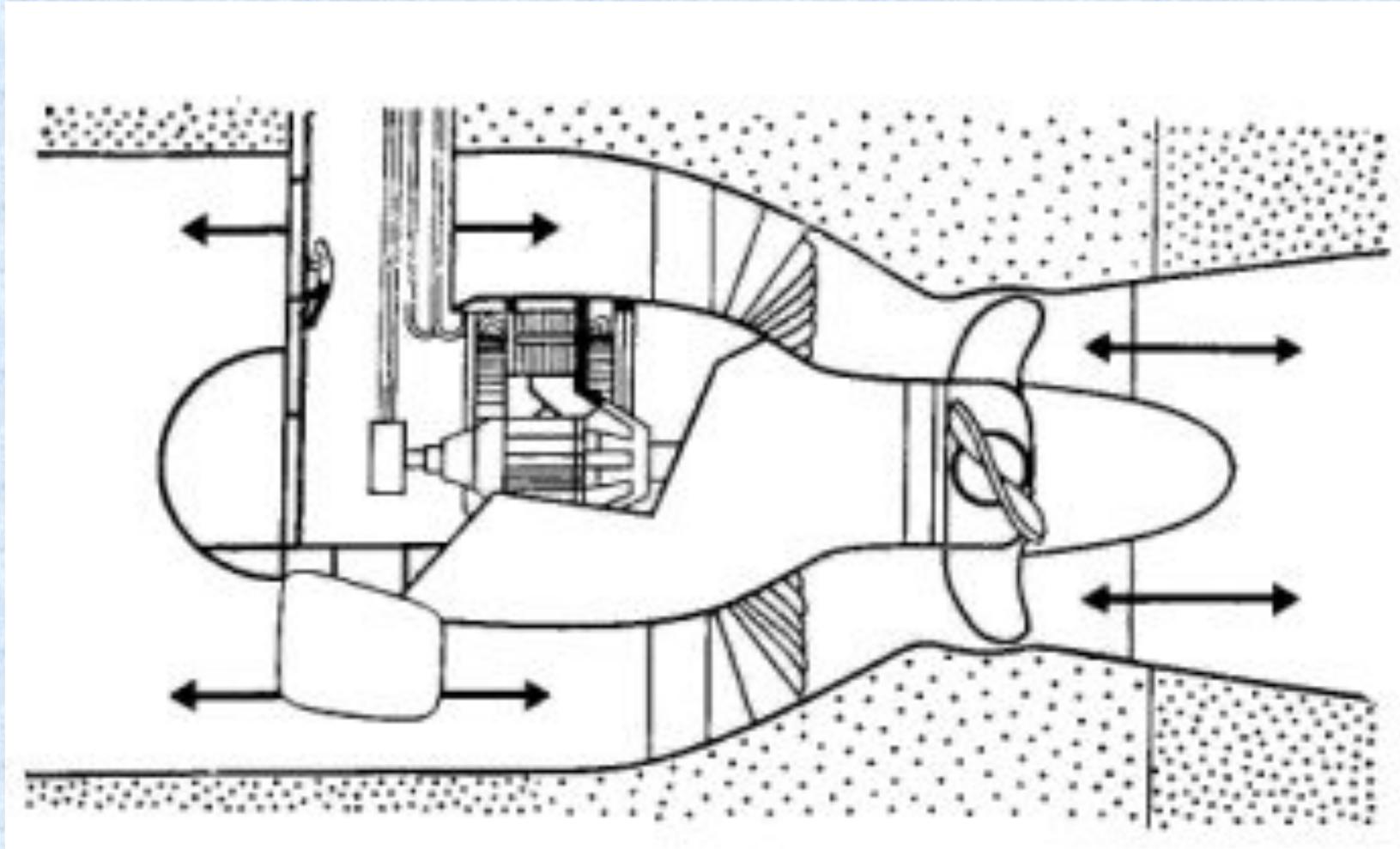


Рис. 4.13. Схема ПЭС: 1 – капсульный агрегат; 2 – повышающий трансформатор; 3 – козловый кран для обслуживания затворов и решеток; 4 – кабельный коридор; 5 – мостовой кран машинного зала

Основными типами турбин для ПЭС являются капсульные гидротурбины, которые способны работать как в турбинном, так и в насосном режимах.



Капсульный агрегат приливной электростанции.

Расчет энергии для плотинных приливных электростанций

Формулы для расчета энергии $E = \eta mgR/2 = \eta(\rho AR)gR/2$
, отсюда за приливной цикл $E = 1397 * \eta * (R^2)A (kWh)$

где R — размер (высота) прилива, м.

A — площадь приливого бассейна, м²

m — масса воды, кг

g — гравитационная постоянная, равная 9,81 м/с²

η — коэффициент использования, приблизительно равен 0,40, т. е. 20–40 %

ρ — плотность морской воды, равна 1025 кг/м³ Если предположить, что в году бывает около 706 приливых циклов (12 часов и 24 мин в цикле), то формула примет следующий вид: $E = 0.997 * (10^6) * \eta * (R^2) * A$

В 1968 г. на побережье Баренцева моря в Кислой губе сооружена первая в нашей стране опытно-промышленная ПЭС. В здании электростанции размещено 2 гидроагрегата мощностью 400 кВт. Основоположниками этого проекта были советские ученые Лев Бернштейн и Игорь Усачев. Мощность станции — 1,7 МВт.

Станция установлена в узкой части Кислой Губы, высота приливов в которой достигает 5 метров. Конструктивно станция состоит из двух частей — старой, постройки 1968 года, и новой, постройки 2006 года. Новая часть присоединена к одному из двух водоводов старой части. В здании ПЭС размещено два ортогональных гидроагрегата — один мощностью 0,2 МВт и другой мощностью 1,5 МВт.

- В 1994 году, в связи со сложной экономической ситуацией, ПЭС была законсервирована; В начале 2000-х годов руководством РАО «ЕЭС России» было принято решение о восстановлении Кислогубской ПЭС в качестве экспериментальной базы для отработки новых гидроагрегатов для приливных электростанций, а также технологий сооружения ПЭС.

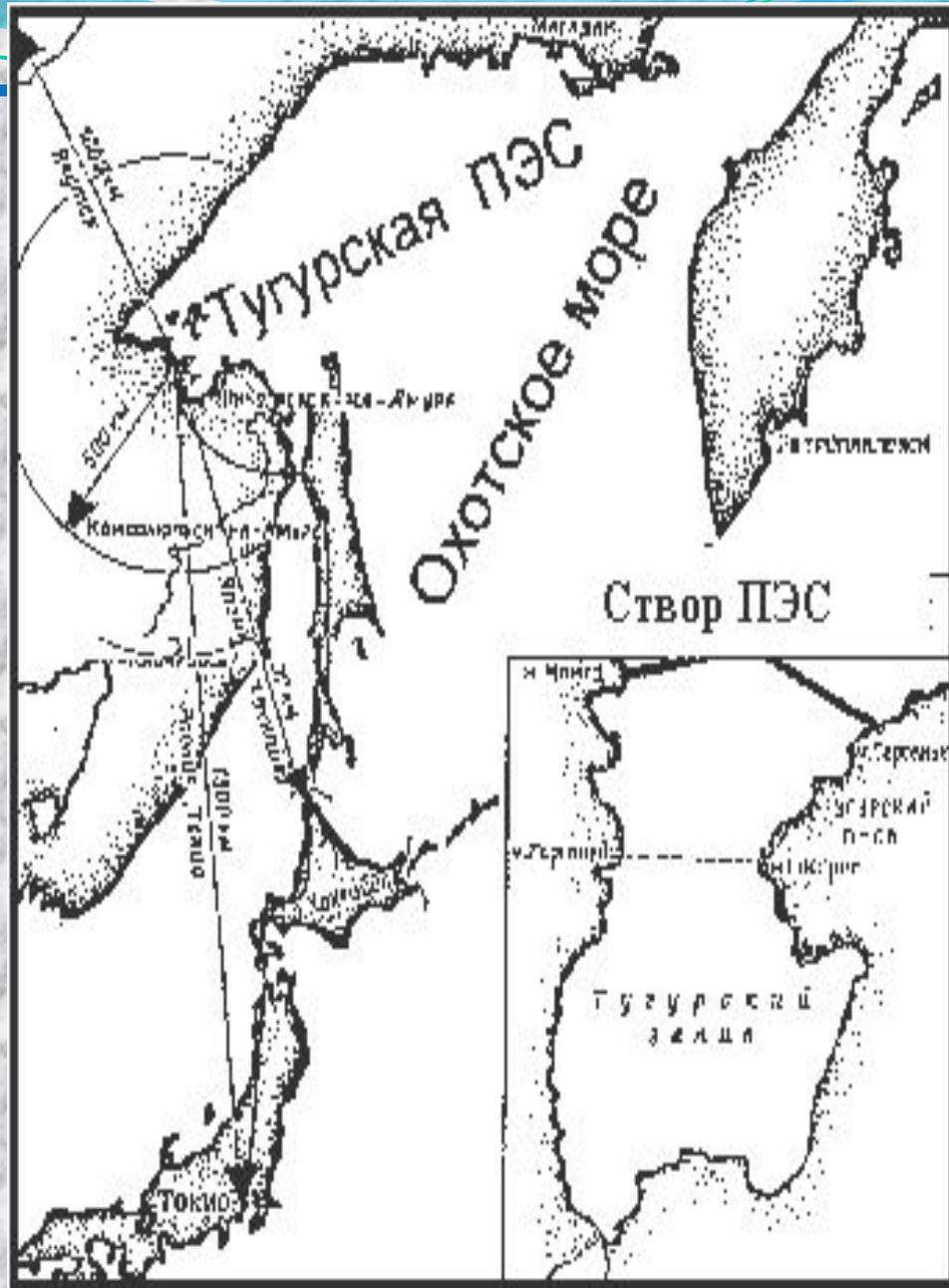
Кислогубская ПЭС.



- В России выполнены проекты Тугурской ПЭС мощностью 8,0 ГВт и Пенжинской ПЭС мощностью 87 ГВт на Охотском море, энергия которых может быть передана в энергодефицитные районы Юго-Восточной Азии. На Белом море проектируется Мезенская ПЭС мощностью 11,4 ГВт, энергию которой предполагается направить в Западную Европу по объединенной энергосистеме "Восток-Запад».

Тугурская ПЭС.

- ❑ Местоположение электростанции:
- ❑ Россия, Тугурский залив в южной части Охотского моря, район города Николаевска-на-Амуре, 600 км до Хабаровска, 940 км до Японии.
- ❑ средняя величина прилива на входе в залив – 4,74 м;
- ❑ залив защищён грядой Шантарских островов от сильных ветров и тяжёлых льдов Охотского моря;
- ❑ площадь бассейна (при расположении ПЭС на входе в залив) – 1800 км ширина залива на входе – 37 км (что позволяет разместить там около 1000 гидроагрегатов мощностью по 7-9 МВт).



Пенжинская ПЭС.

- ✓ В Пенжинской губе на Охотском море приливы достигают до 17 м, там приливная электростанция даст 20000-90000 МВт.



Пенжинская приливная электростанция

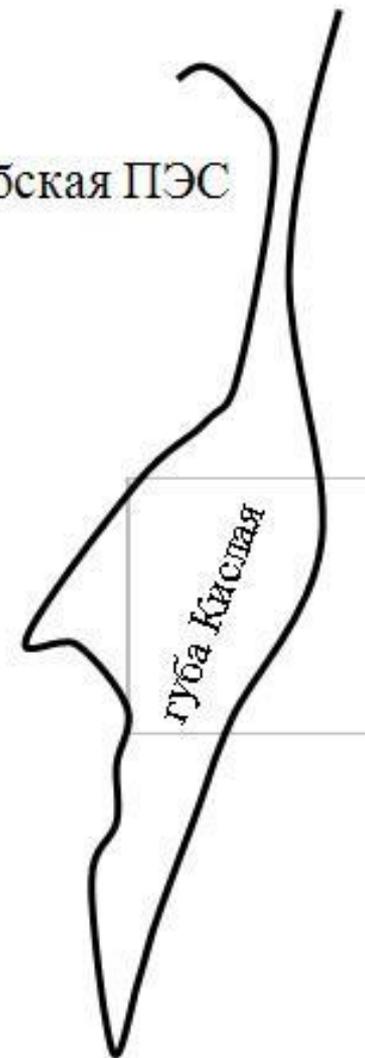
Мезенская ПЭС.

Мезенская ПЭС проектируется на побережье Белого моря в Мезенском заливе, где сосредоточены основные запасы приливной энергии Европейской части России и величина прилива достигает 10,3 м. Было рассмотрено 8 вариантов расположения ПЭС. Площадь отсекаемого будущей плотиной бассейна - 2640 кв. км. Возможная мощность ПЭС была определена в 19,7 млн. кВт с выработкой 49,1 млрд. кВт-ч электроэнергии. Расчеты энергоэкономической эффективности ПЭС в первой четверти нового века определили ее мощность в 11,4 млн. кВт с выработкой 38,9 млрд. кВт-ч при 3400 часах годового использования. Энергию планируется использовать на внутреннем и внешнем рынках Северо-западного региона, в объединениях энергосистем «ЕЭС России» и Европейского сообщества.

Перспективные площадки для ПЭС



Кислогубская ПЭС



Характеристика приливной энергии и приливных электростанций в России.

ПЭС	Море, макс. прилив, м	Стадия, год	Мощность, ГВт
Кислогубская	Баренцево, 3,95	Работает с 1968	0,04
Северная	Баренцево, 3,87	ТЭД, 2006	12,0
Мезенская	Белое, 10,3	Материалы к ТЭД, 2006	8,0
Пенжинская (южный створ)	Охотское, 11,0	Проектные материалы, 1972—1996	87,9
Пенжинская (северный створ)	Охотское, 13,4	Проектные материалы, 1983—1996	21,4
Тугурская	Охотское, 9,0	ТЭО, 1996	6,8—7,98
Малая Мезенская	Баренцево	Работает с 2007 г.	0,15

- В 1966 году на реке Ранс во Франции была построена крупнейшая по выработке приливная электростанция. Долгое время удерживала мировое лидерство по мощности, но в 2011 году уступила южнокореской Сихвинской ПЭС.
- Использует 24 турбины, находящиеся в работе в среднем 2 200 часов в год. ПЭС «Ля Ранс», имеет протяжённую плотину, её длина составляет 800 м. Плотина также служит мостом, по которому проходит высокоскоростная трасса, соединяющая города Св. Мало и Динард.



Приливная электростанция на реке Ла Ранс.

Электростанция на реке Ла Ранс мощностью 240 МВт имеет турбины, которые могут также работать в режиме насосов; таким образом, установка может функционировать как насосно-аккумулирующая станция для выравнивания нагрузки в сети. Вода, закачиваемая в резервуар в периоды низкого потребления электроэнергии, увеличивает напор на турбинах в периоды пиковой нагрузки в сети. Амплитуда приливов и отливов в устье реки Ла Ранс достигает 13,4 м. Ширина дамбы составляет 760 м. При высоком уровне воды дамба "захватывает" воды Атлантики в заливе. При низком уровне вода течёт назад к морю. По пути вода проходит через 24 турбины, соединённые с генераторами установленной мощностью 240 МВт. Вырабатываемой электроэнергии достаточно для энергообеспечения города с населением в 300 000 человек.

- Крупнейшая в мире на настоящий момент Приливная электростанция, расположенная в искусственном заливе Сихва-Хо на северо-западном побережье Южной Кореи. Электростанция обладает установленной мощностью 254 МВт и была запущена в августе 2011 года и стала крупнейшей приливной станцией мира.
- Расходы на строительство дамбы составили порядка \$646 миллионов плюс расходы на возведение самой электростанции в размере \$382 миллионов.

Южнокорейская Сихвинская ПЭС



Водохранилище/-Дамба ¹⁴

- Длина дамбы: 12,7 км
- Объём водохранилища 324 миллионов. м³
- Площадь поверхности водохранилища: 56,5 км²
- Пропускные сооружения: 8 заслонок, 15,3 м × 12 м (открываются при отливе)
- Расход морской воды: приблизительно 160 миллионов м³/день (соответствует приблизительно 50 % объёмов водохранилища)
- Высота прилива: 7,5 м

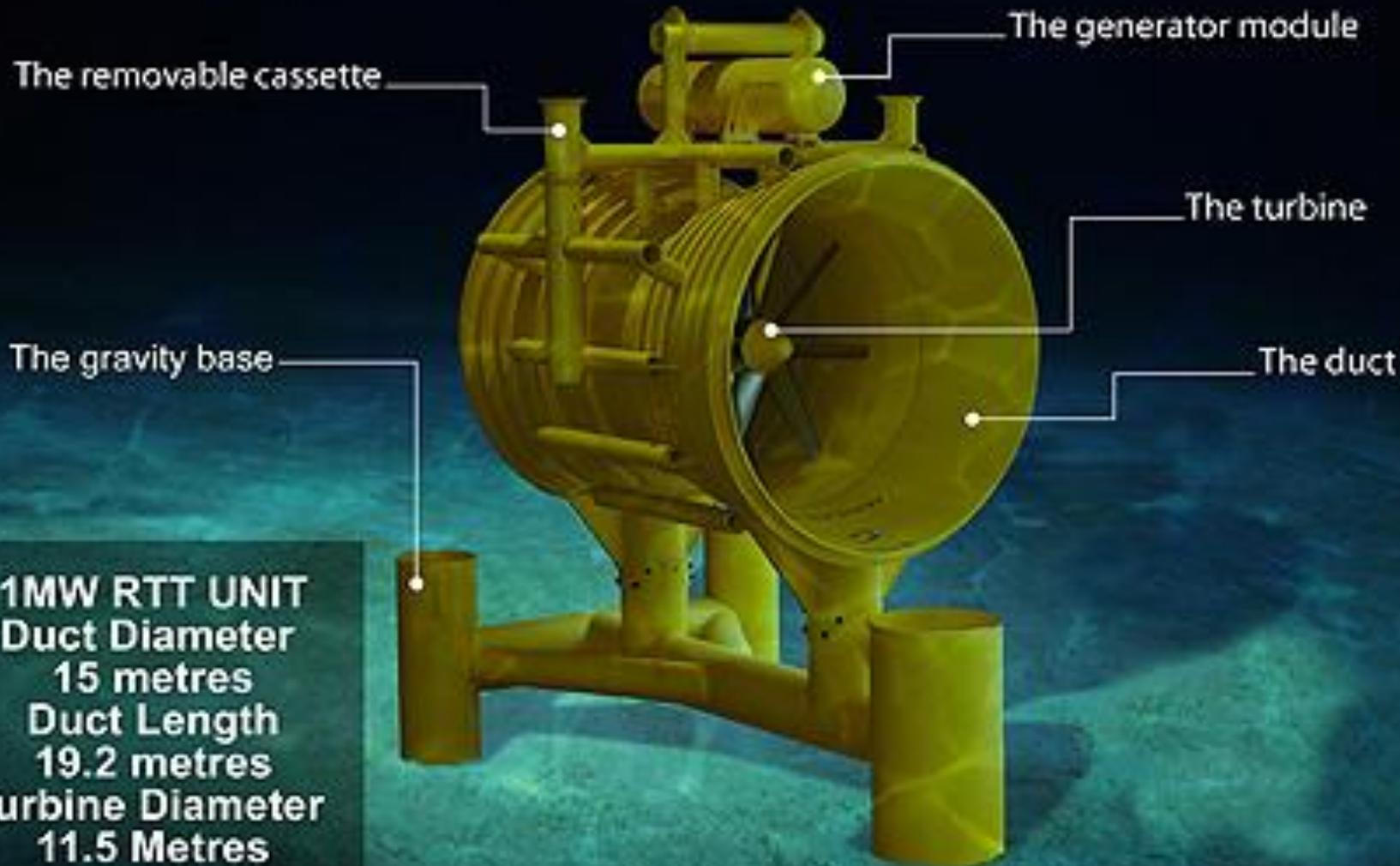
Электростанция

- Годовая выработка 550 ГВт-ч (ориентировочно соответствует потребности города в полмиллиона человек)
- Высота падения воды: 5,82 м
- Количество турбин: 10 штук
- Количество лопастей на турбине: 3 лопасти
- Мощность 25,4 МВт × 10 турбин = 254 МВт
- Емкость 482 м³ / с на турбину
- Диаметр рабочего колеса: 7,5 м
- Скорость вращения: 64,3 оборота в минуту

Генераторы:

- Напряжение 10,2 кВ
- Мощность: 26,76 МВА
- Частота: 60 Гц

Южнокорейская турбина.



- · Лумбовской в Баренцевом море, мощностью 320 МВт и в другом варианте 672 МВт;
- · Мезенской в Белом море, мощностью 15200 МВт и выработкой электроэнергии 42000 ГВт ч в год;
- · Тугурской, мощностью 6800 МВт и выработкой электроэнергии 16200 ГВт* ч в год;
- В Кислой губе вблизи Мурманска с 1968 года начала работать первая в нашей стране приливная электростанция мощностью в 400.
- Проектируется приливная электростанция в устье Мезени и Кулоя мощностью 2,2 млн. киловатт.
- Пенжинская ПЭС, с колоссальной мощностью - 87 ГВт на Охотском море.

За рубежом работают три приливных станции:

- · ПЭС Ранс, мощностью 240 МВт во Франции (построена в 1967 г и имеет 24 агрегата).
- · ПЭС Цзянсян, мощностью 32 МВт в Китае (пуск шести агрегатов осуществлен в период 1980...1985 гг).
- · ПЭС Аннаполис, мощностью 196 МВт в Канаде (построена в 1984 г, имеет 1 агрегат).

Экологическая безопасность

- - Плотины ПЭС биологически проницаемы, что позволяет рыбе беспрепятственно проходить через ПЭС;
- Ущерб, наносимый ПЭС окружающей среде значительно ниже чем ГЭС. Исследования Полярного института рыбного хозяйства и океанологии подтверждают, что в районе опытно-промышленной Кислогубской ПЭС не было обнаружено погибшей или поврежденной рыбы. К тому же при эксплуатации ПЭС гибнет около 5-10 % планктона - основной кормовой базы рыб, в то время как при работе ГЭС 83-99 %.

- - Снижение солености воды в бассейне ПЭС, определяющее экологическое состояние морской фауны и льда составляет 0,05-0,07 %, т.е. практически неощутимо. К тому же в бассейне исчезают торосы и предпосылки к их образованию, не наблюдается нажимного действия льда на сооружение.
- - Размыв дна и движение наносов при строительстве ПЭС полностью стабилизируются в течение первых двух лет эксплуатации. Наплавной способ строительства дает возможность не возводить в створах ПЭС временные строительные базы и не сооружать перемычки, что способствует сохранению окружающей среды в районе ПЭС.
- - При эксплуатации ПЭС исключен выброс вредных газов, золы, радиоактивных и тепловых отходов.
- ПЭС не угрожает человеку, а изменения в районе ее эксплуатации имеют лишь локальный характер.

Преимущества ПЭС

- Приливы — возобновляемый, надежный и предсказуемый источник энергии.
- В районах, где велика разница между высшей и низшей точкой прилива и отлива, отливные и приливные течения можно использовать для постоянной выработки электричества.
- Приливные ГЭС, так же как и обычные ГЭС, не производят угарного газа (CO), углекислоты (CO₂) и окислов азота и серы, пылевых загрязнителей и других вредных отходов, не загрязняют почву. Небольшое количество тепла, образующегося из-за трения движущихся частей турбины, передается в океан, но оно незначительно.
- Приливные ГЭС — это экзотика для некоторых людей. Строительство приливной ГЭС может стимулировать туризм в регионе, принося дополнительную прибыль.
- Приливную плотину можно использовать для строительства железной или автомобильной дороги через залив или лиман.
- Техническое обслуживание приливных ГЭС несложно. Турбины рассчитаны на срок работы не менее 30 лет, а приливная плотина.— несложное сооружение само по себе. Однако затраты на строительство приливных ГЭС все же значительны.
- Донные турбины целиком находятся под водой. Если они установлены на, достаточной глубине, они не будут представлять угрозы для морского транспорта.

Недостатки ПЭС

- Строительство приливной плотины требует значительных инвестиций, однако поддержание ее в рабочем состоянии не так дорого.
- Сооружение донных турбин осложняется тем, что наилучшие места для их установки (районы приливо-отливных течений) находятся в ненадежных водах, у сильно изрезанных берегов.
- Приливные ГЭС могут оказывать негативное влияние на морскую флору и фауну. Крупная рыба, черепахи и морские животные могут погибнуть, попав под лопасти турбины, а особо крупный «улов» такого рода может повредить турбину. Особенную опасность для морских обитателей представляют приливные ГЭС с плотинами.
- Приливная плотина создает водный резервуар вне естественных границ залива или лимана, изменяя его характеристики. Это оказывает влияние на мутность воды и на уровень ее седиментации (отложения наносов на дне).
- Ошибки при строительстве и эксплуатации приливной ГЭС могут вызвать локальное наводнение.

Спасибо за внимание.

