КУРС • 10 ЛЕКЦИЙ

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ЛЕКЦИЯ 09

Использование энергии гидросферы



Волны • приливы • океанические течения • тепловая энергия океана

Какую энергию содержит гидросфера?

Мировой океан — колоссальный ресурс, но технически доступный поток энергии распределён неравномерно.

ВОЛНЫ

Колебательная механическая энергия

Амплитуда и период определяют удельный поток мощности

ПРИЛИВЫ

Потенциальная энергия поднятой воды

Зависит от перепада уровней и площади бассейна

ТЕПЛОВОЙ ГРАДИЕНТ

Энергия разности температур

Тёплая поверхность и холодная глубина

ТЕЧЕНИЯ

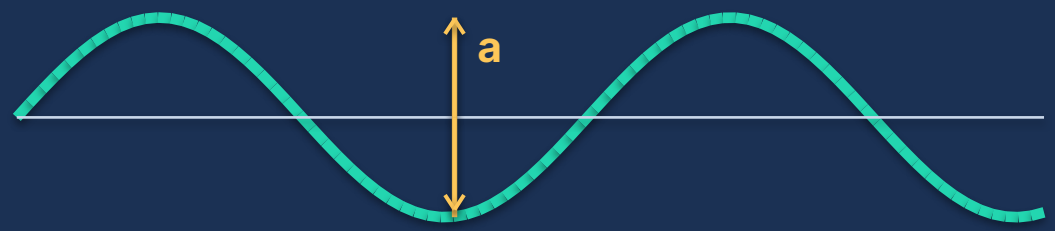
Кинетическая энергия масс воды

Потенциал зависит от скорости потока и участка

Раздел 9.1 лекции: океан обладает механическими и тепловыми ресурсами; экономическая доступность зависит от местоположения.

Энергия волн: амплитуда и период

В глубоководном приближении поток мощности волны растёт как квадрат амплитуды и линейно — с периодом.



a — амплитуда, м | T — период, с

$$P' = \rho g^2 a^2 T / (16\pi)$$

РАСЧЁТНЫЙ ПРИМЕР

a = 2 м • T = 10 с
ρ = 1025 кг/м³

ПОТОК МОЩНОСТИ НА 1 м ФРОНТА

≈ 78,5 кВт/м

Теоретическая оценка для регулярной глубоководной волны

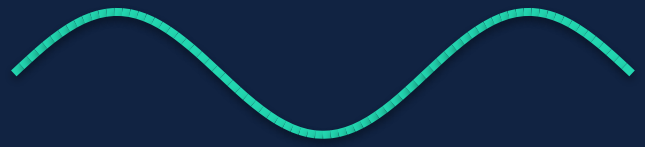
На с. 1 лекции «энергия на единицу фронта» смешивается с потоком мощности. Здесь показана величина P′ в Вт/м.

Почему открытый океан энергетически привлекателен?

Более мощные волны часто удалены от потребителей; увеличение выработки требует инфраструктуры и морской надёжности.

ОТКРЫТЫЙ ОКЕАН

а ≈ 2 м; T ≈ 10 с



ПРИБРЕЖНАЯ ЗОНА

а ≈ 0,5 м; T ≈ 4 с



Параметры — иллюстративные значения из текста лекции

ИНЖЕНЕРНЫЙ КОМПРОМИСС

БОЛЬШОЙ РЕСУРС

Сильные штормы и высокая нагрузка на конструкцию

УДАЛЁННОСТЬ

Подводные кабели и доступность обслуживания

ПЕРЕМЕННОСТЬ

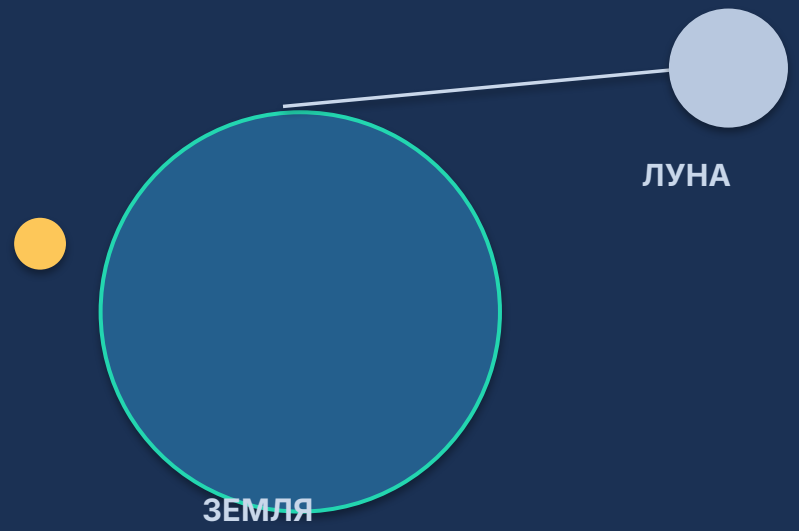
Изменение волнового спектра во времени

Иллюстрация параметров волн основана на разделе 9.1; надёжность, кабельная инфраструктура и доступность — проектные ограничения.

РАЗДЕЛ 9.1

Откуда берётся энергия приливов?

Периодическое изменение уровня воды обусловлено гравитационным влиянием Луны и Солнца.



Рельеф берегов и геометрия бассейна могут усиливать приливные колебания.

КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

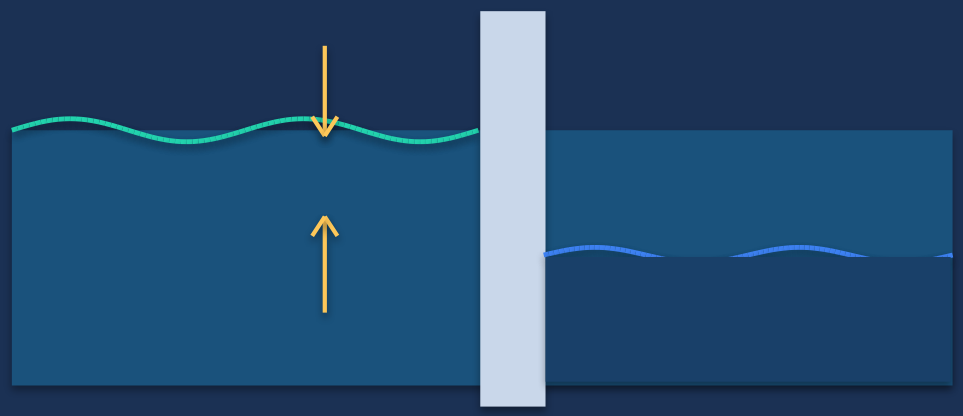
h	Разность уровней прилива и отлива	м
F	Площадь приливного бассейна	м²
T	Продолжительность цикла	с

Лунные сутки ≈ 24 ч 50 мин

Раздел 9.1 лекции: основные районы больших приливов — некоторые бухты Белого, Баренцева и Охотского морей.

Расчёт потенциальной энергии приливного бассейна

Запас доступной потенциальной энергии зависит прежде всего от площади бассейна и квадрата перепада уровней.



Потенциальная энергия — до учёта КПД и режимов турбин

$$E \approx \tfrac{1}{2}\,\rho\, g\, F\, h^2$$

Пример: $F = 1$ км²; $h = 5$ м
$\rho = 1025$ кг/м³

ЭНЕРГИЯ ЗА ИДЕАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦИКЛ

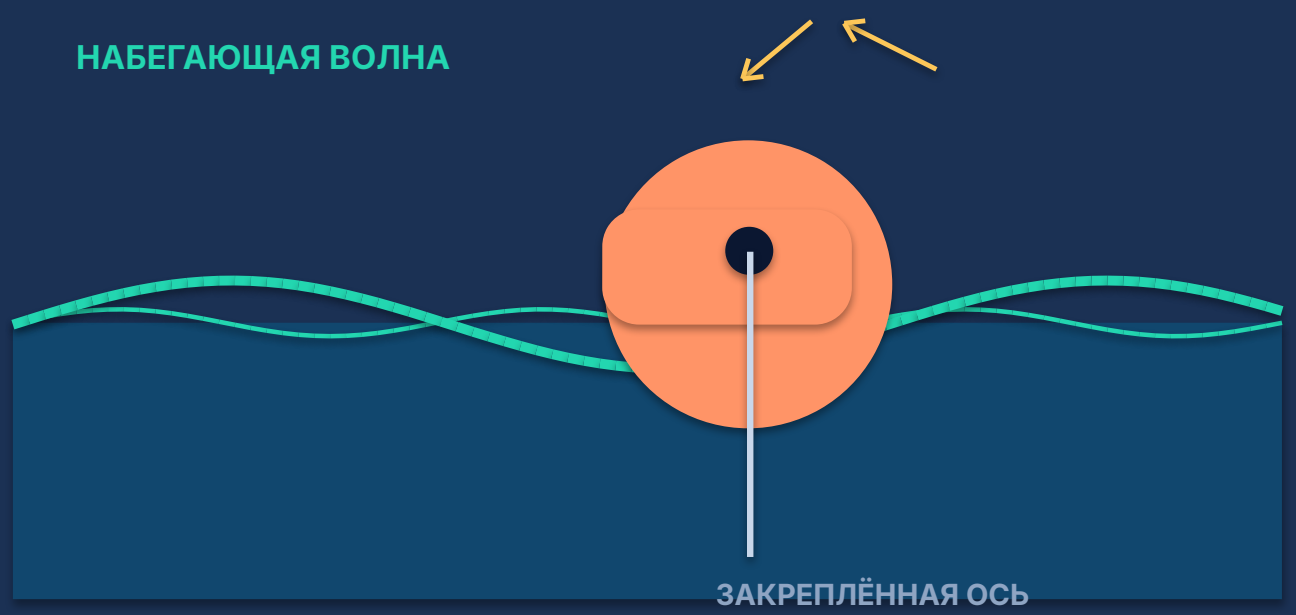
≈ 34,9 МВт·ч

Фактическая выработка меньше из-за потерь и режима работы

Оценка $E = \rho g F h^2/2$ дана для бассейна постоянной площади; пример расчётный, не относится к конкретной станции.

Поплавок Солтера: энергия колебаний волны

Система превращает движение поверхности воды в периодическое вращение вокруг закреплённой оси.



ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

01 Волна отклоняет асимметричный поплавок

02 Поплавок качается вокруг оси

03 Гидравлический привод снимает полезную работу

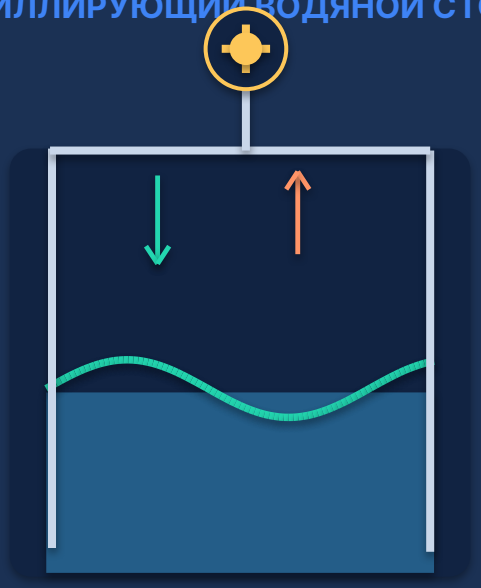
Схема условная • рис. 9.2 лекции

Историческая конструкция С. Солтера приведена в исходной лекции как концепция волнового преобразователя.

Волновые и приливные электростанции

Два различных механизма: колебание воздушного столба и двусторонний поток через приливную плотину.

ОСЦИЛЛИРУЮЩИЙ ВОДЯНОЙ СТОЛБ

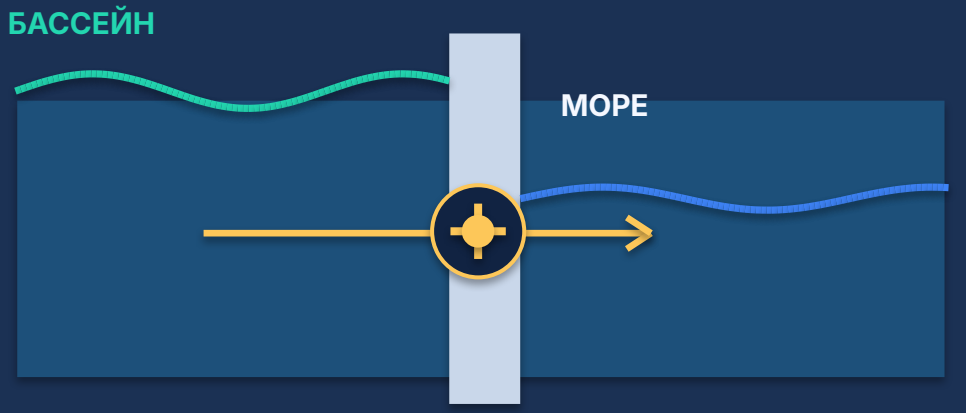


Воздух → турбина

При подъёме и спаде волны давление воздуха меняется

Энергия снимается с потока воздуха

ПРИЛИВНАЯ СТАНЦИЯ С ПЛОТИНОЙ

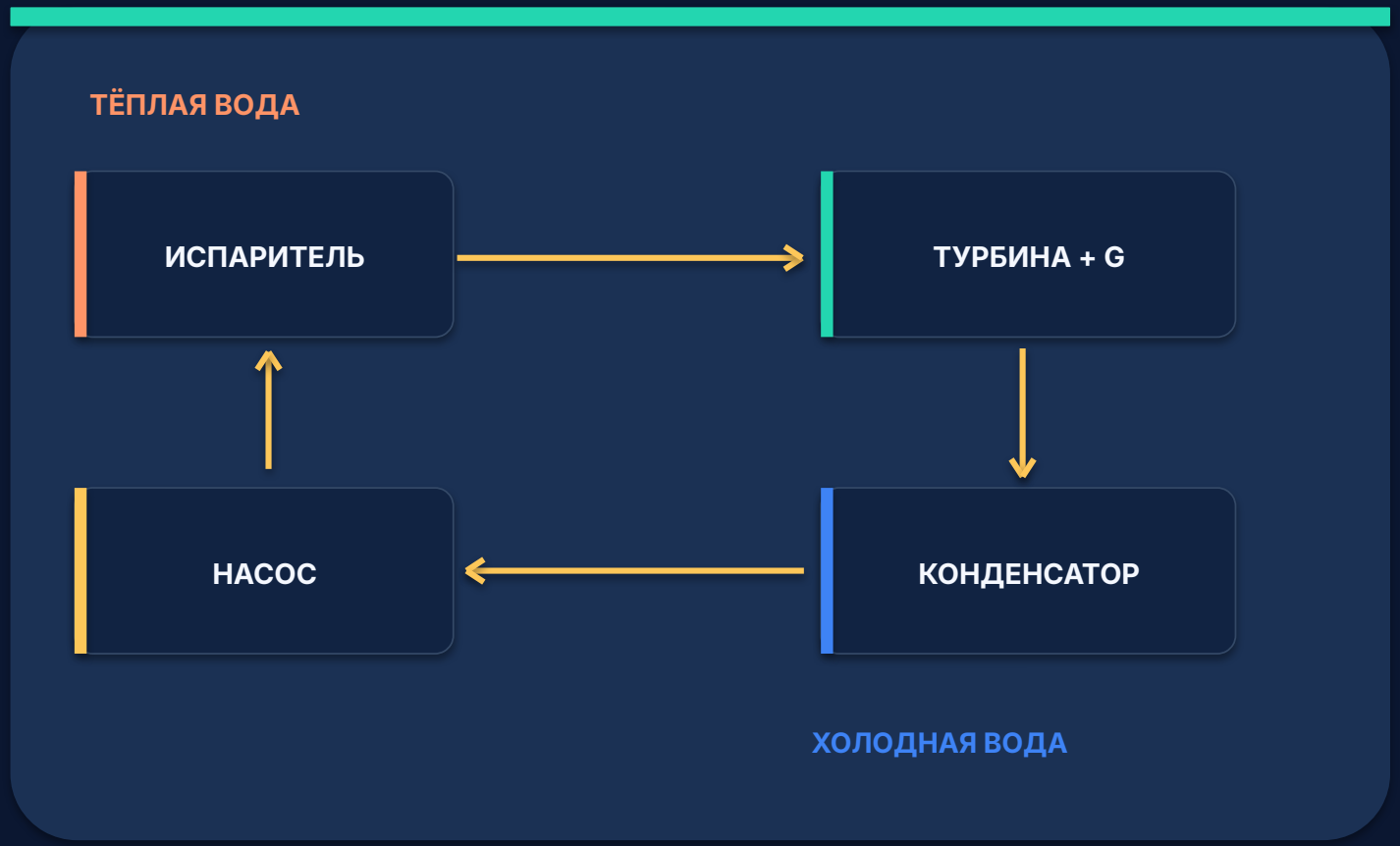


Реверсивная турбина позволяет использовать поток при приливе и отливе

Схемы разработаны по принципам работы установок, описанных на рис. 9.4–9.5 исходной лекции.

Тепловая энергия океана — цикл OTEC

Малая разность температур между поверхностью и глубиной может обеспечивать тепловой цикл с низким КПД.



ТЕМПЕРАТУРНЫЙ НАПОР

26 °C
поверхность

↓

5 °C
глубина

ηКарно ≈ 7,0 %

Температуры 26 °C и 5 °C — условный пример. Реальный КПД ниже предельного КПД Карно из-за необратимости и собственных нужд.

Что нужно запомнить?

Техническая доступность гидроэнергии определяется не только физическим потенциалом, но и условиями размещения установок.

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ

Волны	Движение поверхности	Нерегулярность и штормы
Приливы	Перепад уровня воды	Прогнозируемый ресурс, мало подходящих мест
ОТЕС	Разность температур	Низкий температурный напор
Течения	Скорость морского потока	Местные экосистемы и установка

ВОПРОСЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Какие формы энергии содержит океан?
2. Почему мощность волн зависит от a^2 и T?
3. За счёт чего возникают приливы?
4. Как работает поплавок Солтера?
5. Что ограничивает КПД океанской тепловой станции?

Основа: Лекция 9 «Использование энергии гидросферы», разделы 9.1–9.2, рисунки 9.1–9.6.