



# Возобновляемые источники энергии

Монзикова Анна  
Digital Design

Балтийский научно-инженерный конкурс  
Санкт-Петербург  
6 февраля 2019

# Возобновляемые источники энергии

- Энергия солнца

- Геотермальная энергия

- Энергия приливов и  
отливов

Солнечное излучение

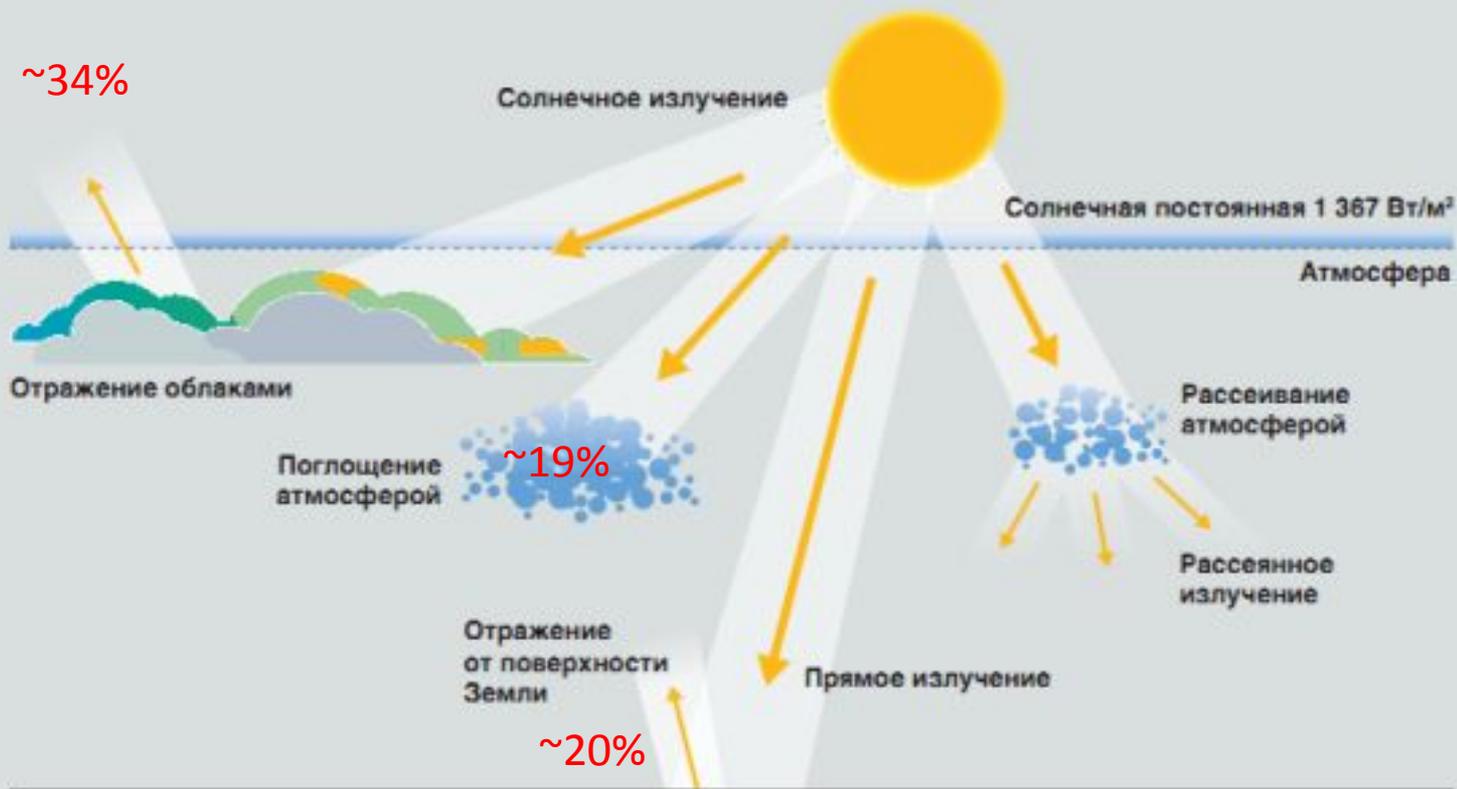
Ветер

Волны

Течения

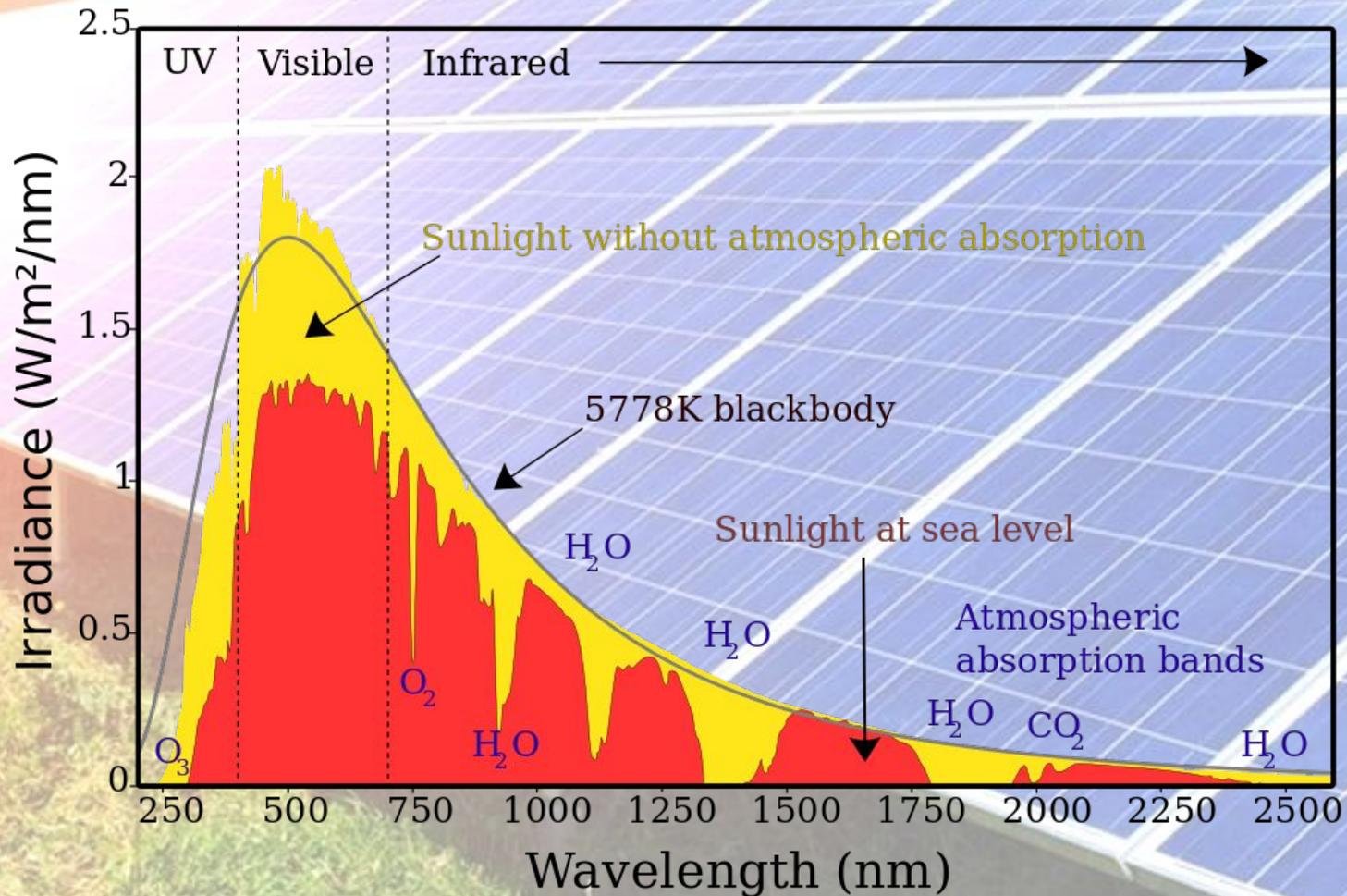
Тепловая энергия  
океана

# Солнечное излучение



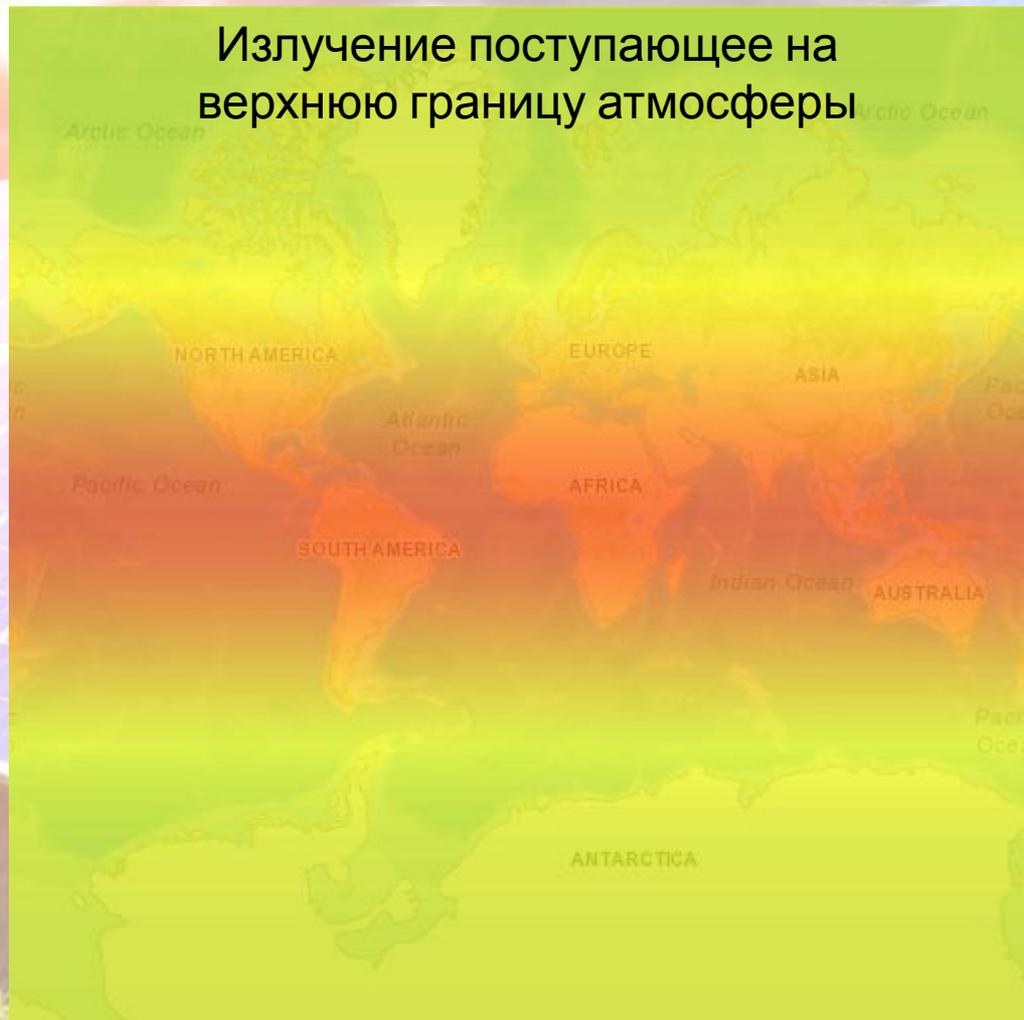
# Солнечное излучение

## Spectrum of Solar Radiation (Earth)



# Солнечное излучение

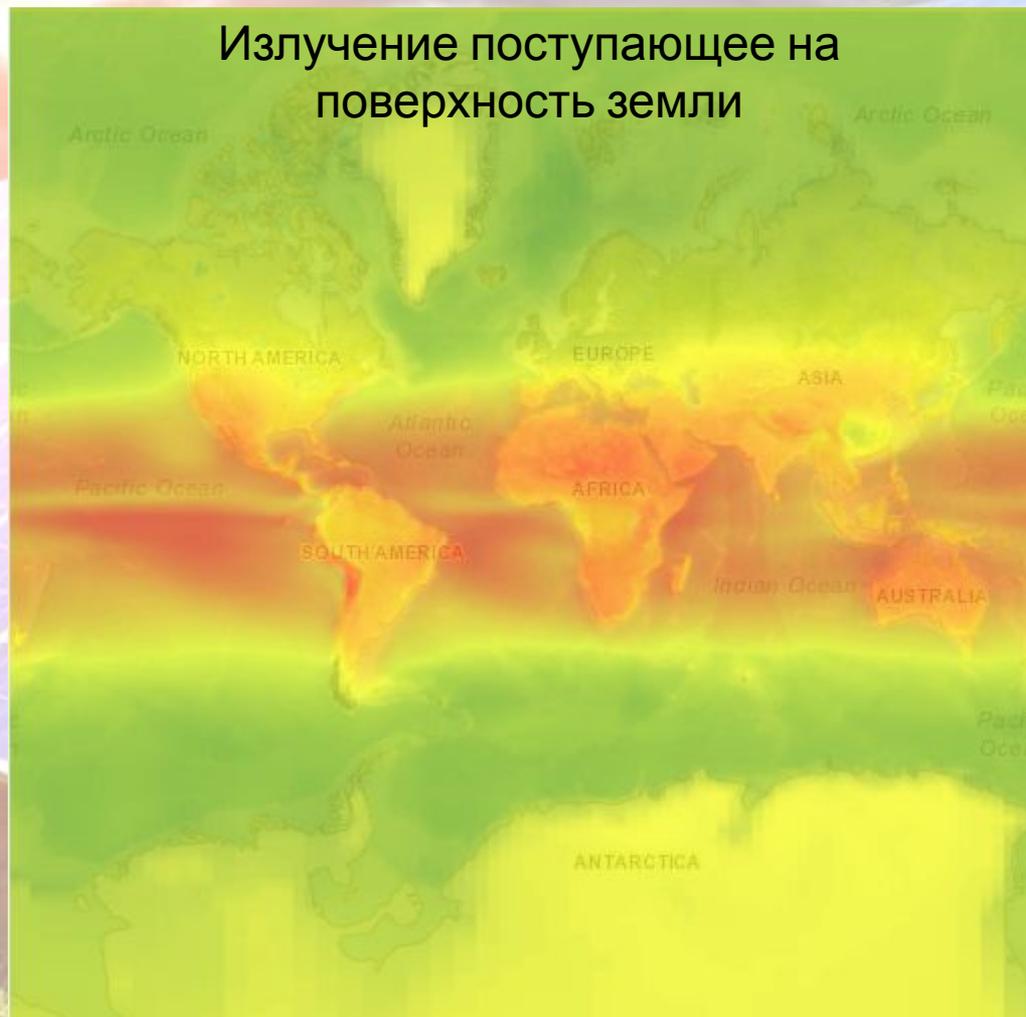
Излучение поступающее на  
верхнюю границу атмосферы



По данным NASA SSE

# Солнечное излучение

Излучение поступающее на  
поверхность земли



По данным NASA SSE

# Солнечное излучение

Термодинамические солнечные  
электростанции



*392 MW Ivanpah Solar Power Facility*



# Солнечное излучение

Фотоэлектрические солнечные



*40 MW Sungrow Huainan Solar Farm*



*290 MW Agua Caliente Solar Project*

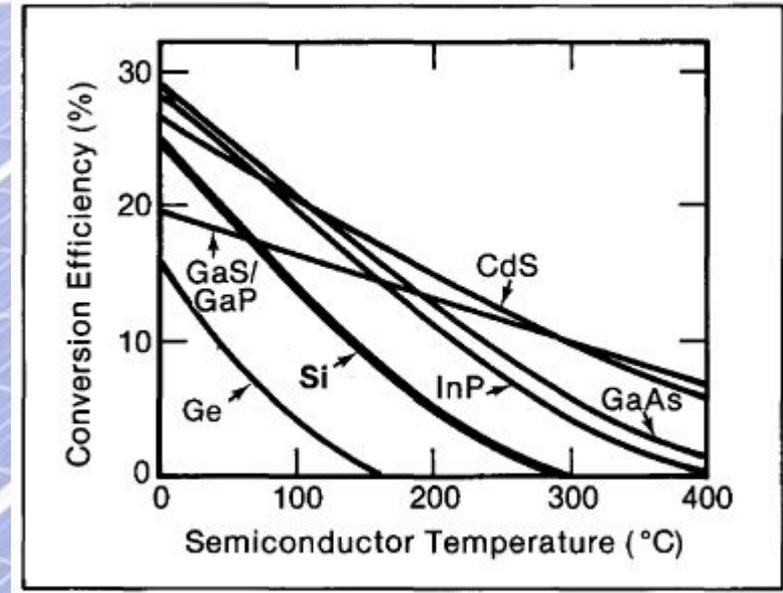
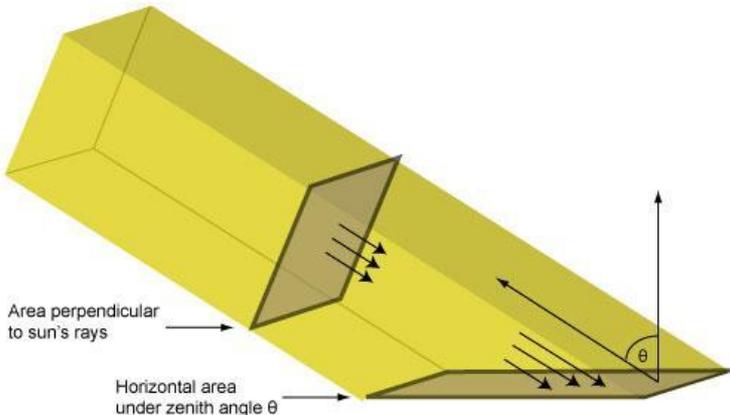
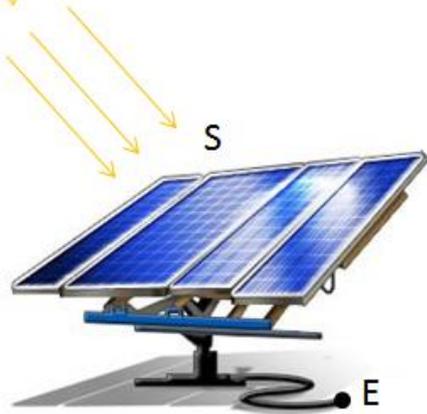
# Солнечное излучение

Энергия, вырабатываемая PV модулем за час:

$$E = \bar{I} \times S \times \eta$$



photovoltaic panel



*Эффективность солнечных элементов в зависимости от температуры для различных материалов*

# Солнечное излучение



## Преимущества:

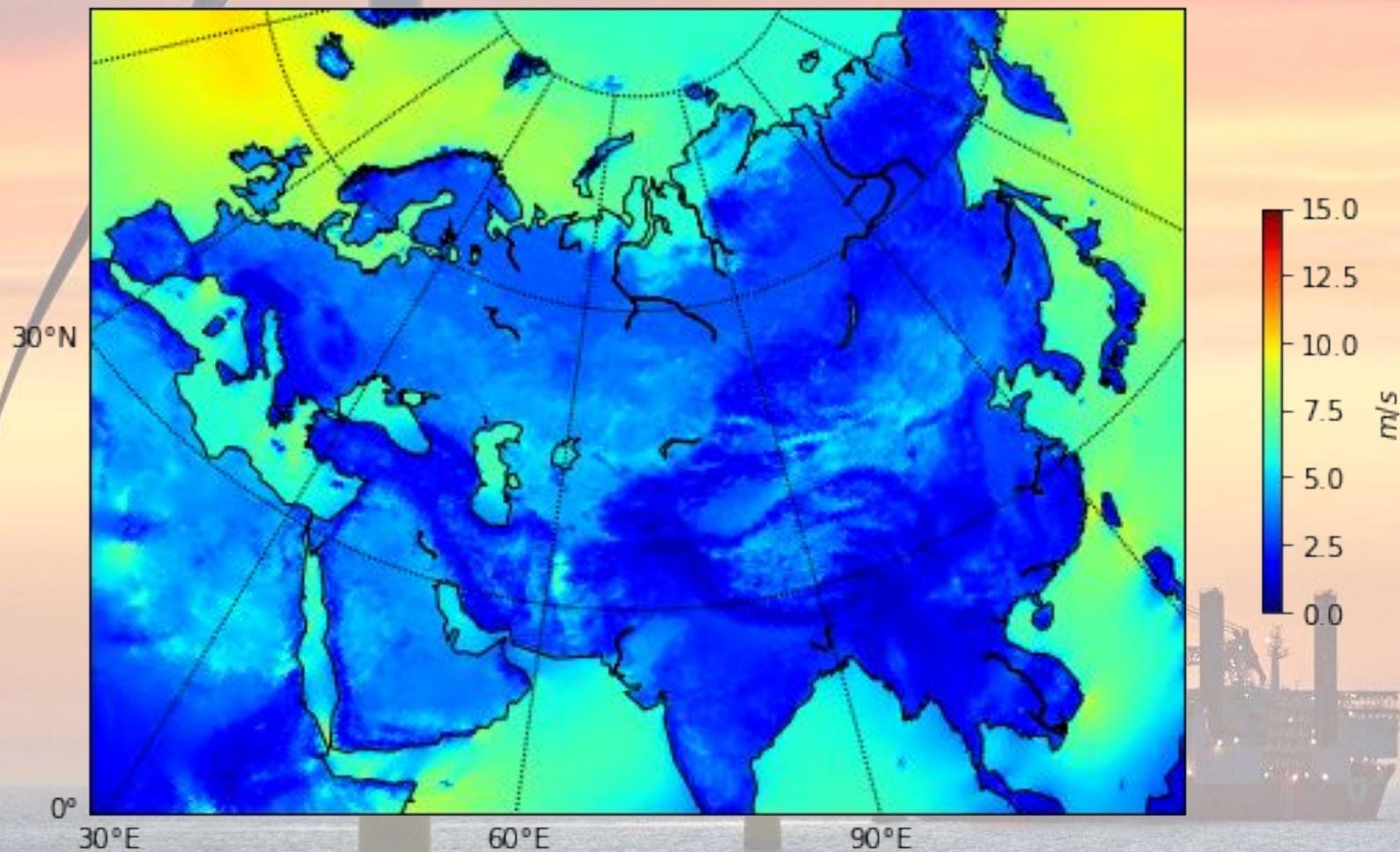
- Установка не требует тяжелого оборудования или инструментов
- Оффшорные солнечные электростанции не подвержены влиянию пыли и обладают большей эффективностью вследствие охлаждения солнечных панелей водой
- Отсутствие затеняющих объектов
- Поворот солнечных панелей в соответствии с положением солнца технически легко осуществим
- В случае установки солнечных электростанций в водоемах, в них уменьшается испарение воды и рост водорослей

## Недостатки:

- Высокая стоимость монтажа
- Присутствие волнения на воде, уменьшает количество вырабатываемой энергии
- Коррозия

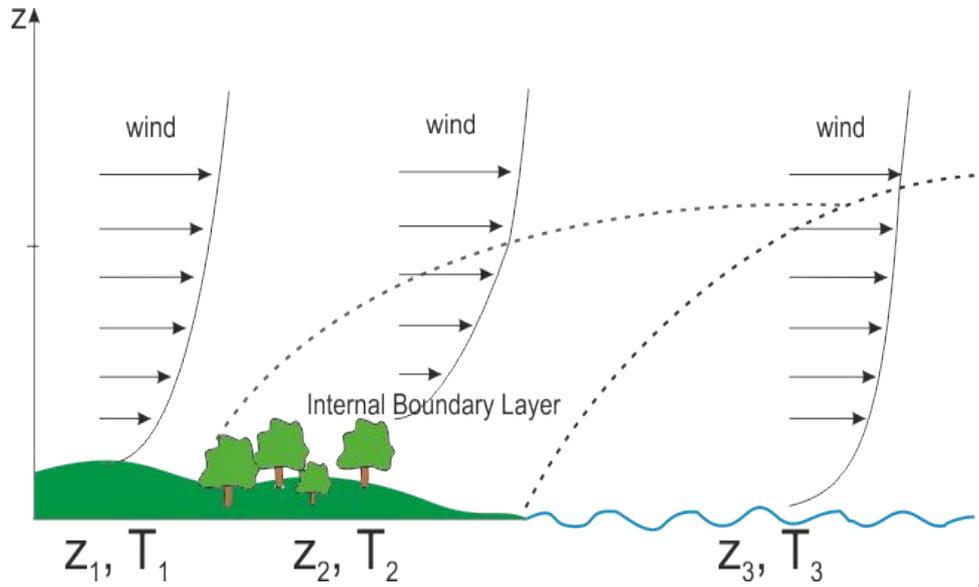
# Ветер

Средняя скорость ветра на высоте 10 м



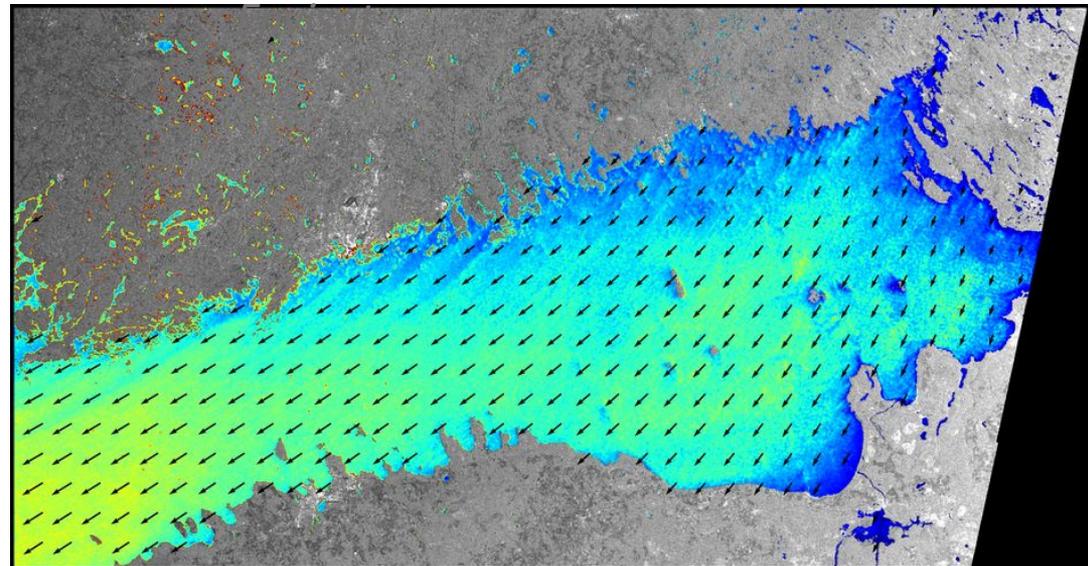
По данным реанализа  
ERA5

# Ветер



$$v(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)$$

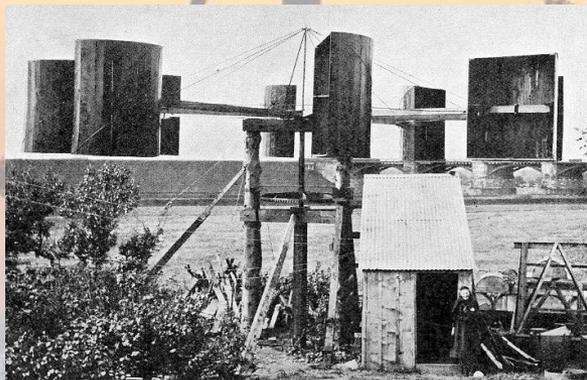
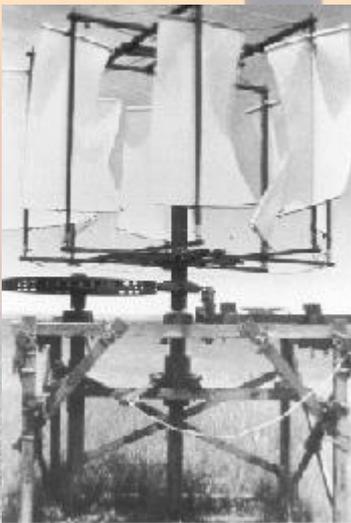
Поле ветра по данным РСА



# Ветер



Первая ветряная ферма  
(600kW, USA)

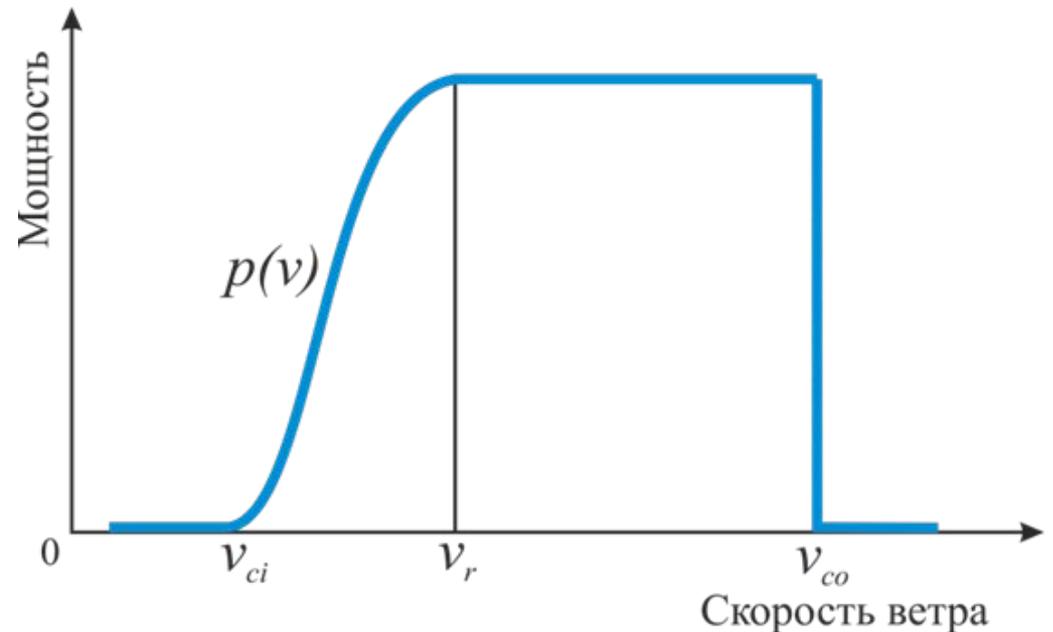
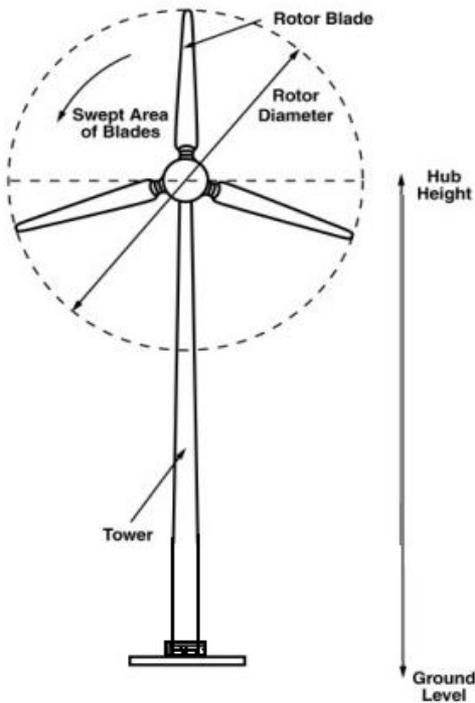


Первая офшорная ветряная ферма  
(4.95MW, USA)

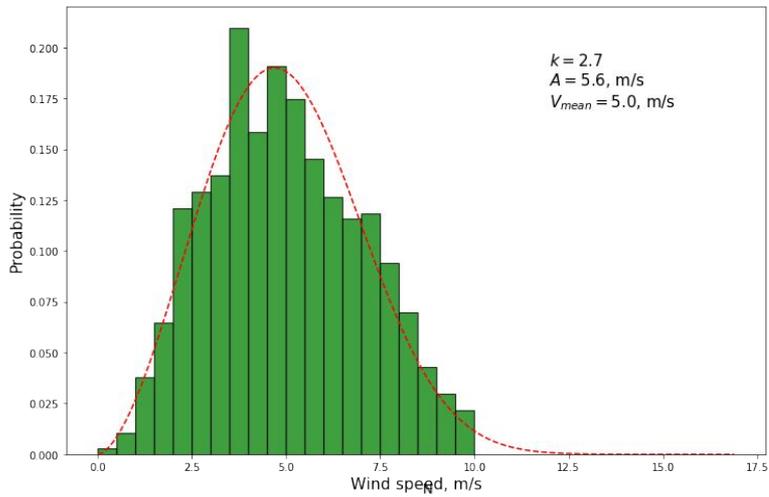
# Ветер

$$P_T = \frac{1}{2} \times \text{air density} \times \langle U^3 \rangle \times \text{swept area} \times C_p$$

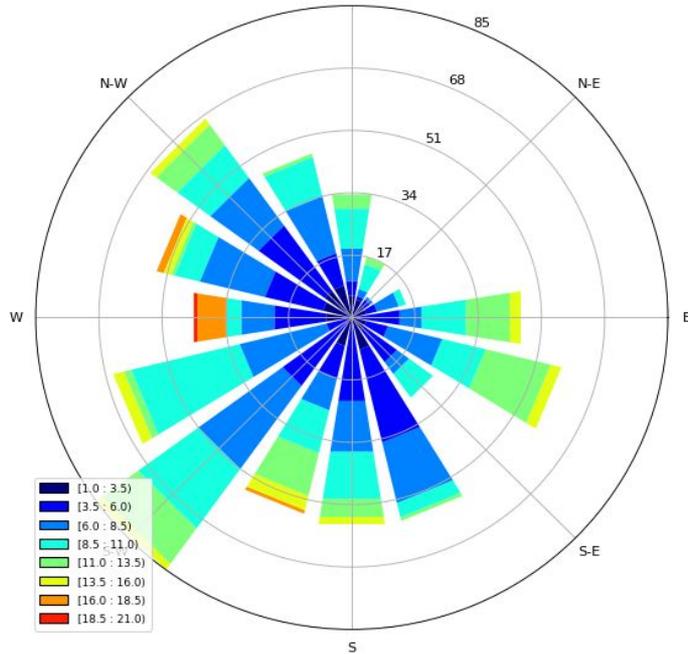
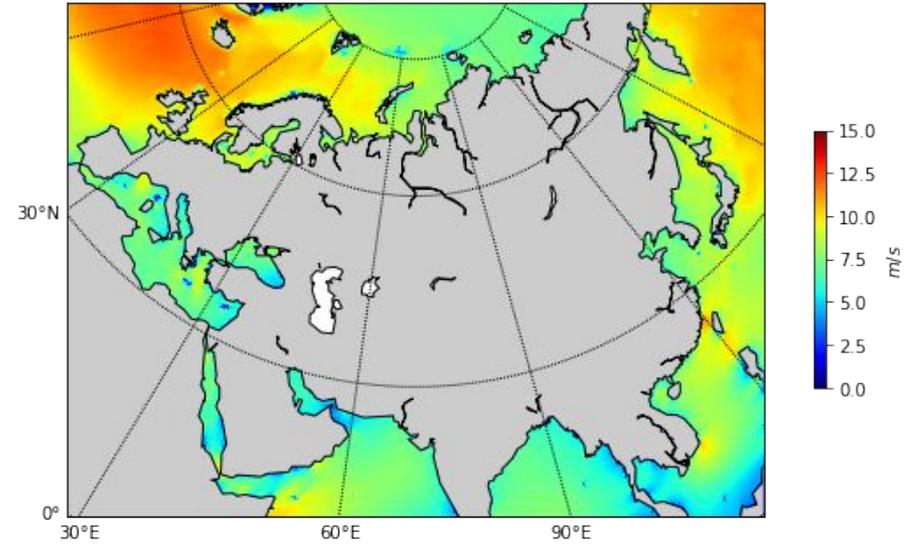
$$\text{Swept area} = \pi r^2$$



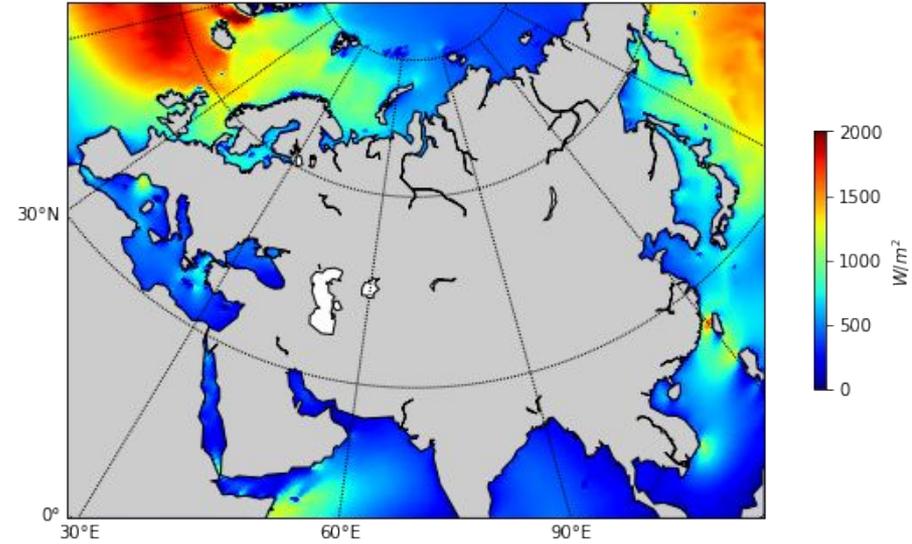
# Ветер



Средняя скорость ветра на высоте 100 м

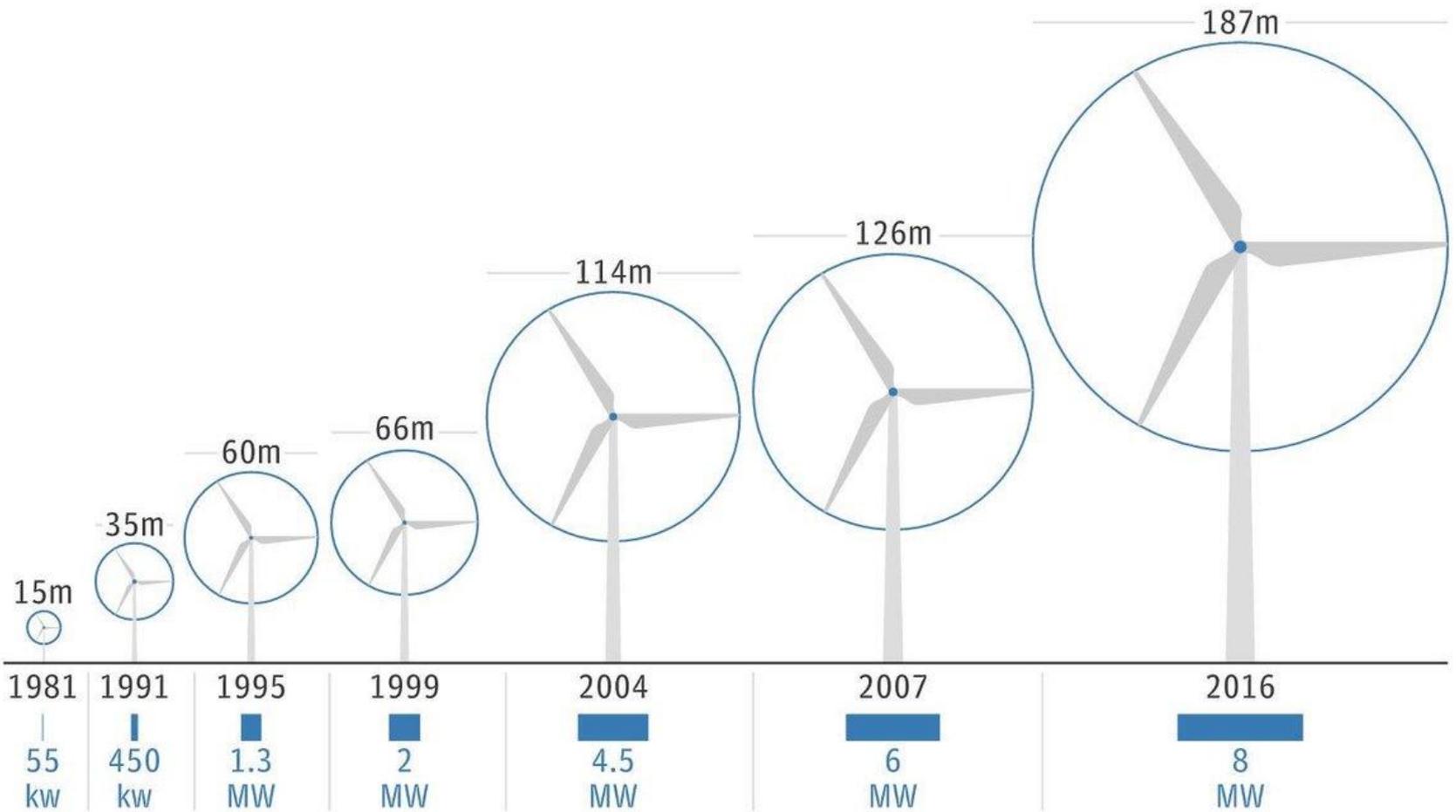


Средняя плотность энергии ветра на высоте 100 м

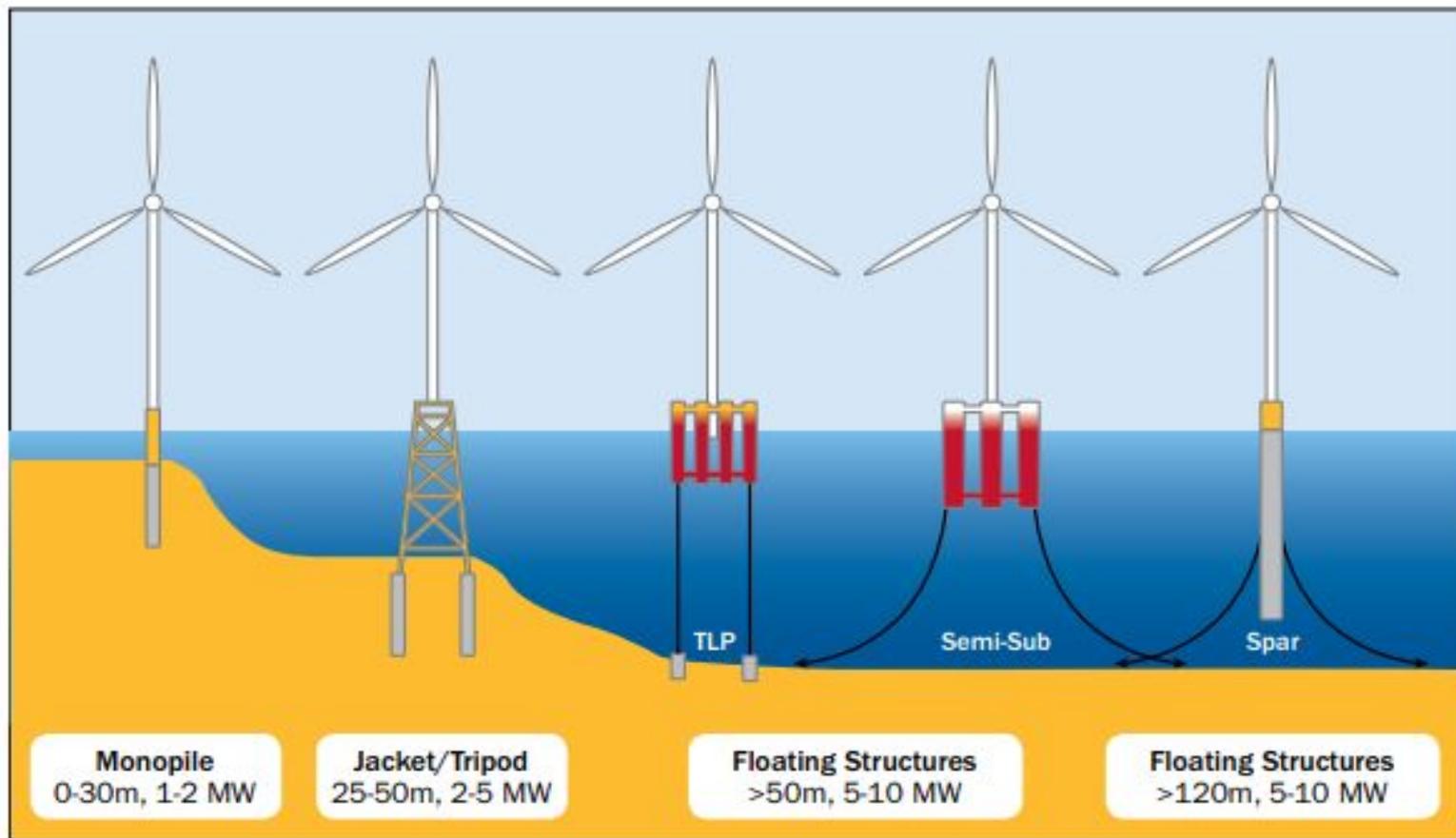


# Ветер

## Progression of wind turbine sizes and their energy output

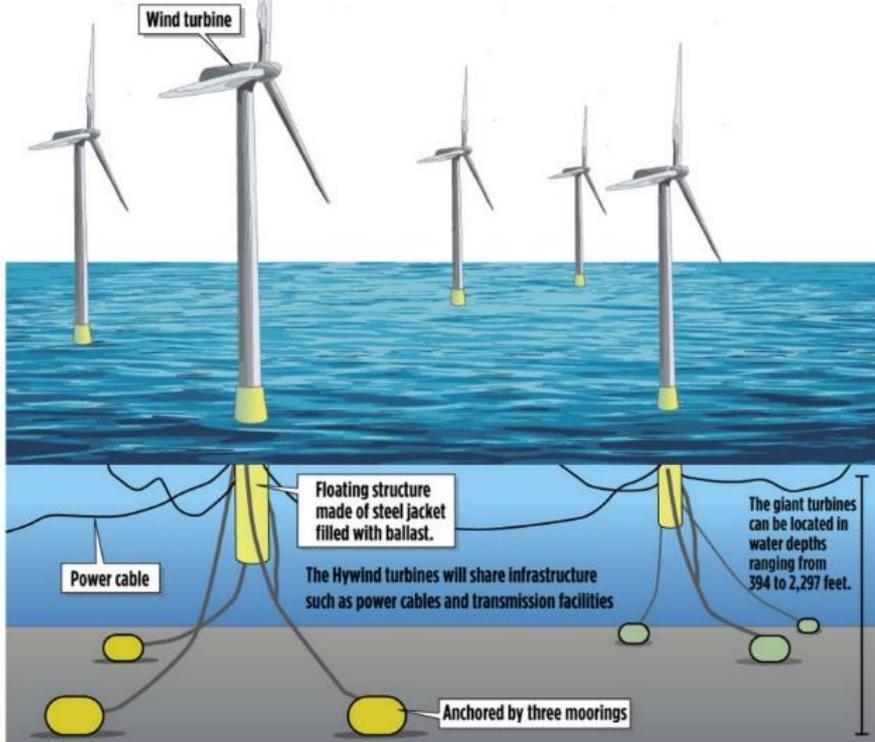


Ветер



# Ветер

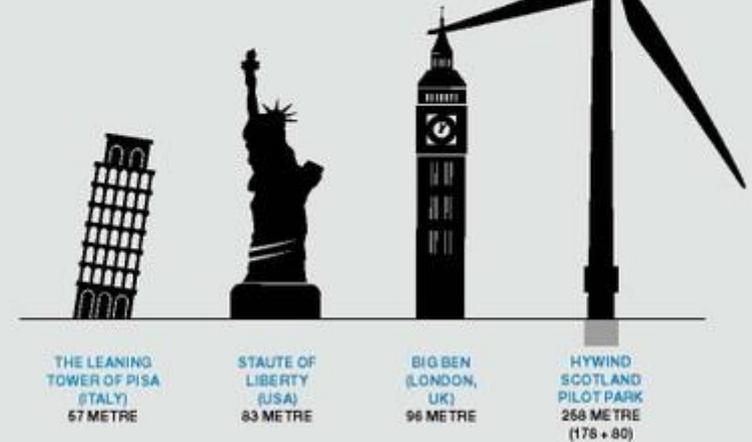
## Statoil floating wind farm



SOURCE: Statoil Hywind

STAFF GRAPHIC | MICHAEL FISHER

From the bottom of the substructure to the top of the wing tip, the Hywind turbines are 2.5 times taller than Big Ben.



30 MW Hywind Scotland (октябрь 2017) -- первая коммерческая плавающая ветряная ферма

# Ветер

The background image shows a seascape at sunset or sunrise. In the foreground, the silhouette of a large offshore wind turbine is visible. In the middle ground, another wind turbine stands. In the background, an offshore oil rig is illuminated with lights, and a supply vessel is nearby. The sky is a mix of orange, yellow, and light blue.

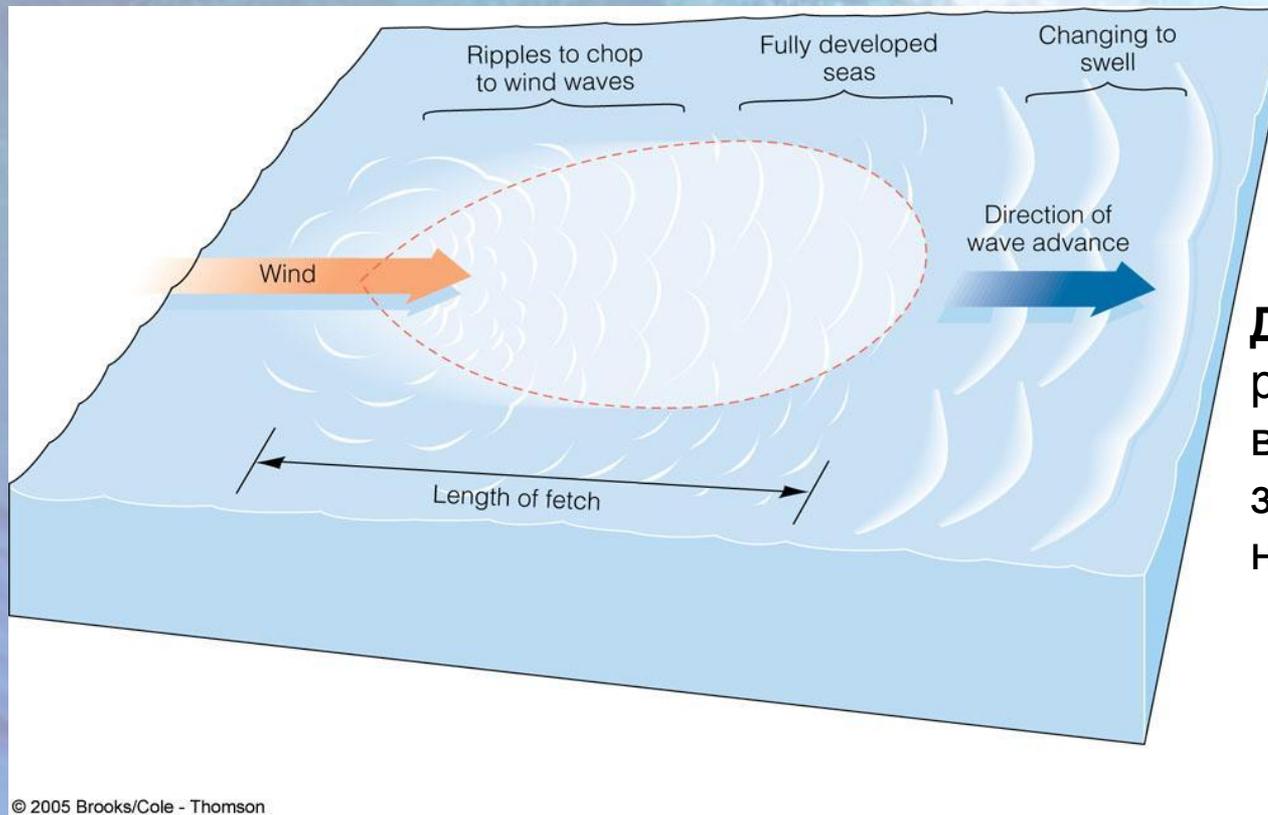
## Преимущества:

- Оффшорный ветер, как правило, выше чем на суше
- Экономическая эффективность – технологии развиваются, стоимость электроэнергии падает
- Низкие эксплуатационные затраты

## Недостатки:

- Непостоянство получаемой энергии и плохая прогнозируемость
- Дорогое строительство
- Влияние на окружающую среду и ландшафт местности

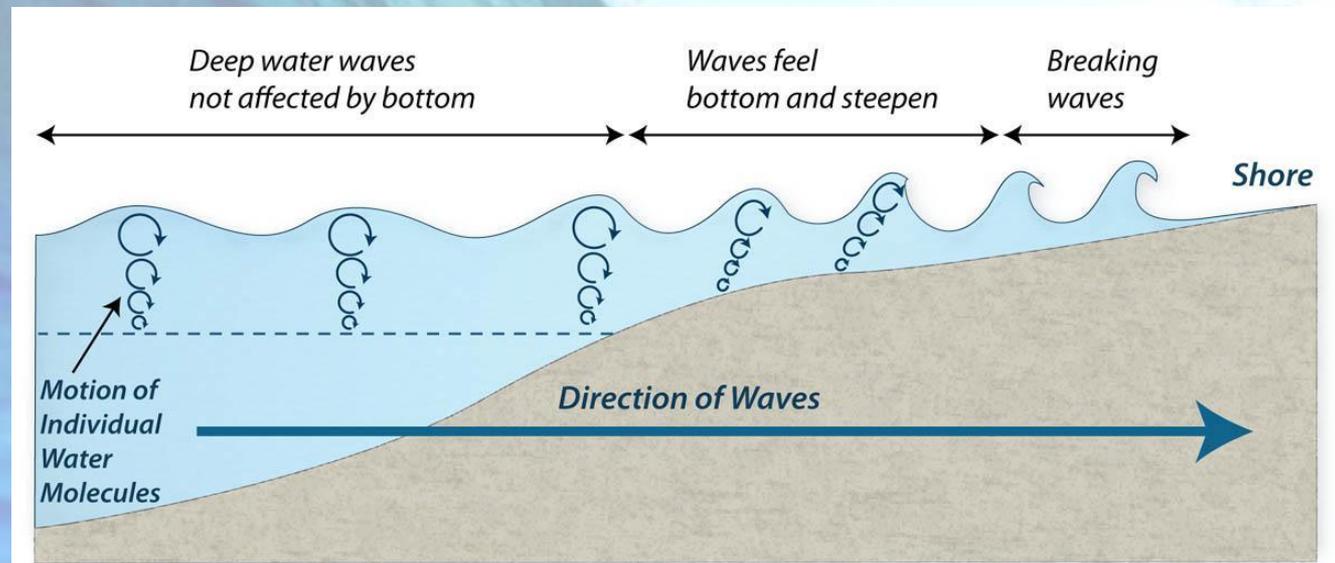
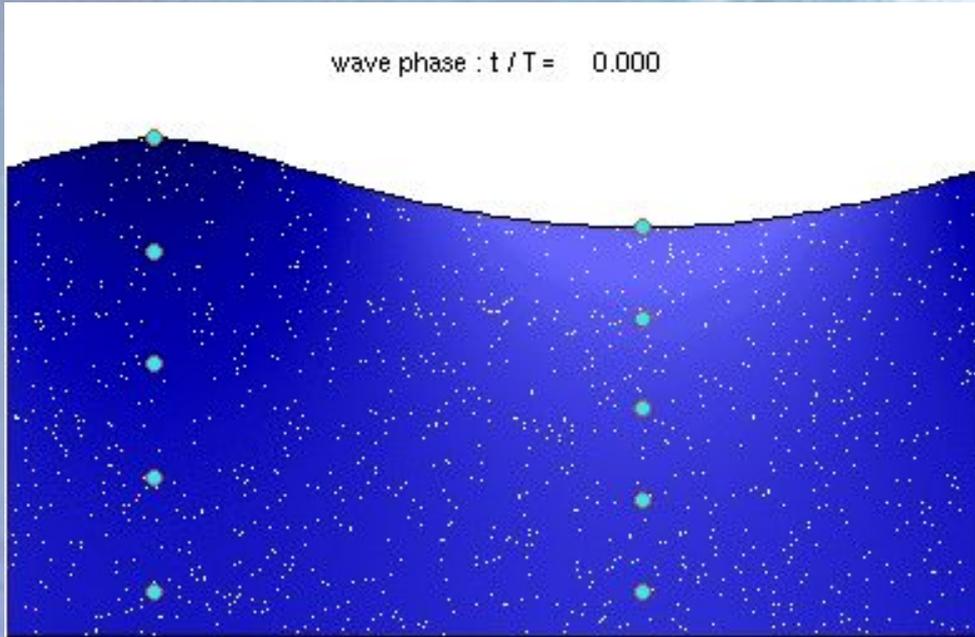
# Волны



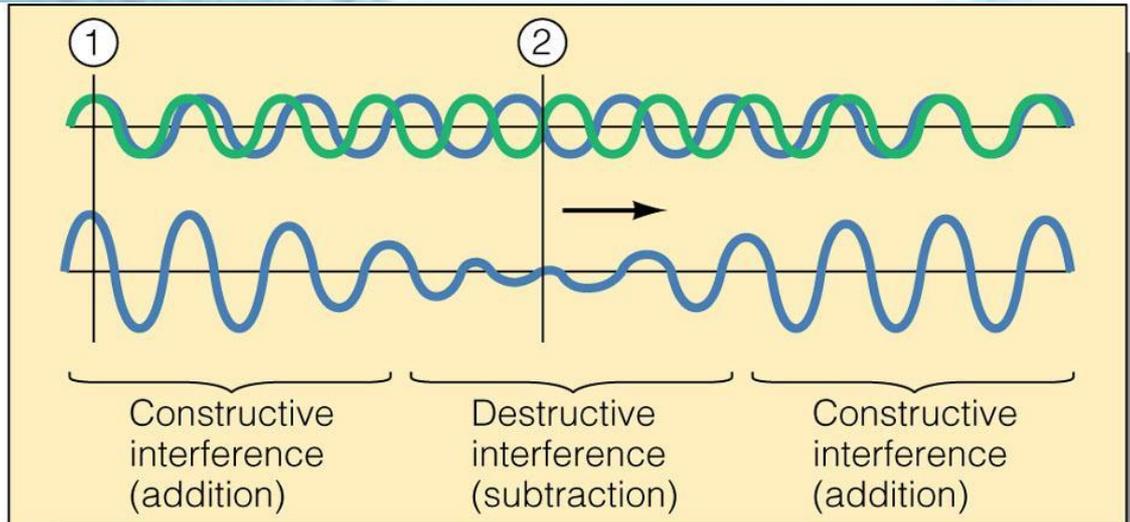
**Длина разгона –**  
расстояние на котором  
ветер дует без  
значительных изменений в  
направлении

Размер ветровых волн определяется **скоростью**  
**ветра, длительностью** его воздействия и **длиной**  
**разгона**

# Волны



# Волны



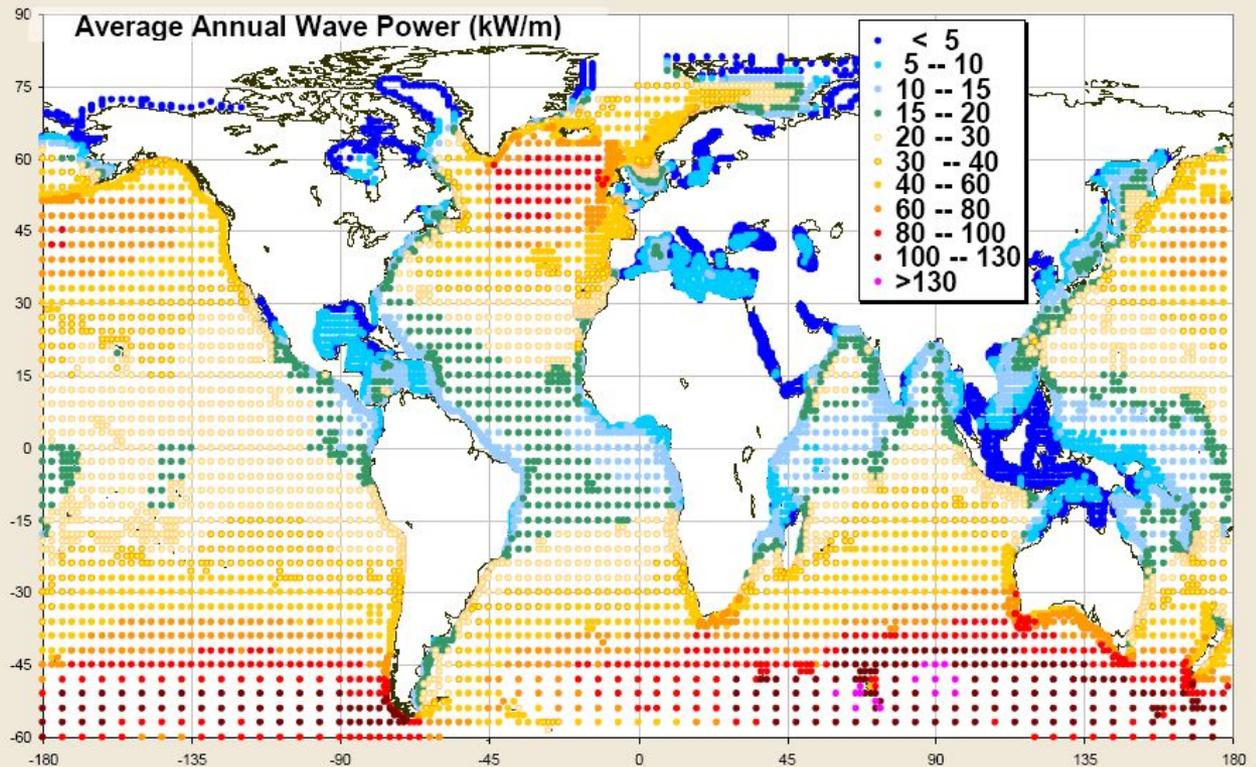
# Волны

$$P = \frac{\rho g^2 H_s^2 T_e}{64\pi}$$

Плотность потока волновой энергии [Вт/м] - определяет среднюю скорость перемещения энергии волны на единицу длины вдоль гребня волны

$H_s$  - значительная высота волн, соответствует средней высоте из 1/3 наибольших наблюдаемых волн.

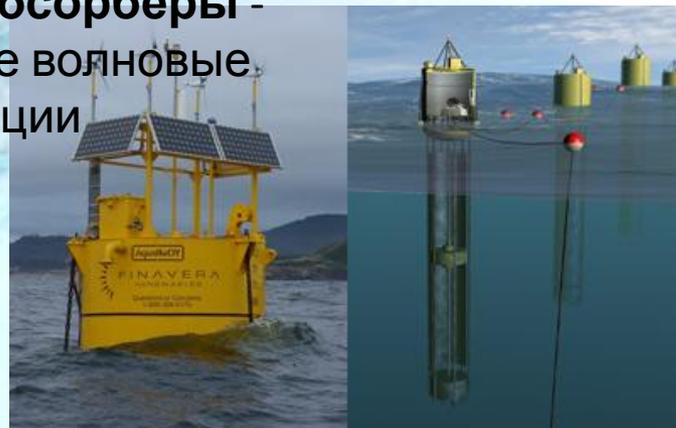
$T_e$  - средний энергетический период, представляет собой осредненное значение периодов всех волн, генерирующих состояние поверхности океана в данный момент.



# Волны



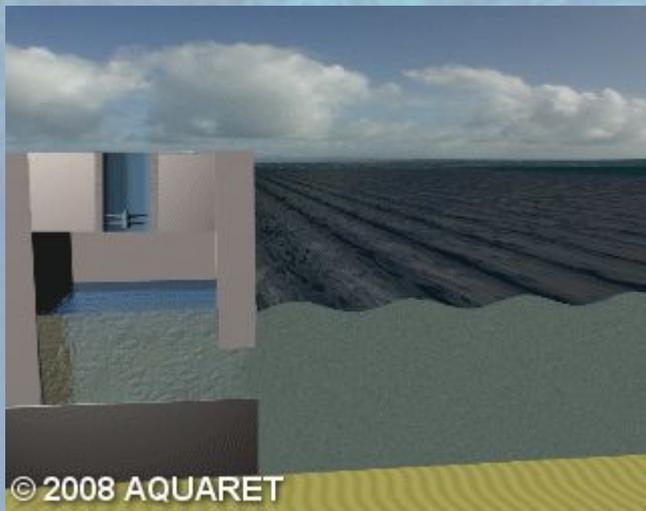
**Точечные абсорберы -  
поплавковые волновые  
электростанции**



**Аттенюаторы -  
устройства,  
отслеживающие  
профиль волны**



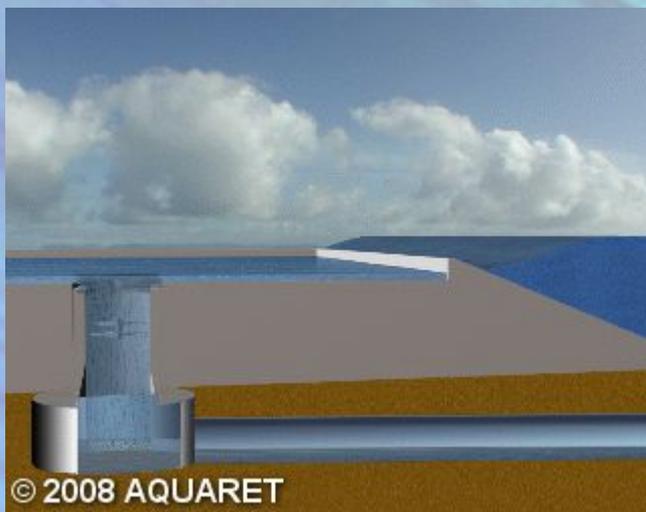
# Волны



**Колеблющийся водяной столб**



*Ocean Energy (OE) Buoy*

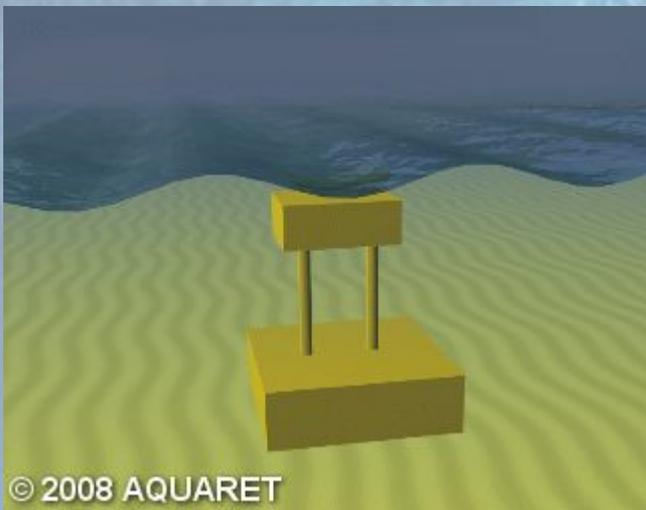


**Переливные преобразователи**

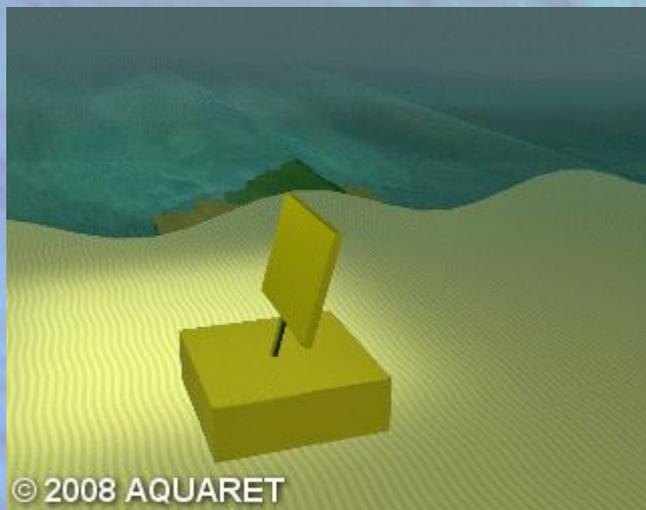


*Wave Dragon*

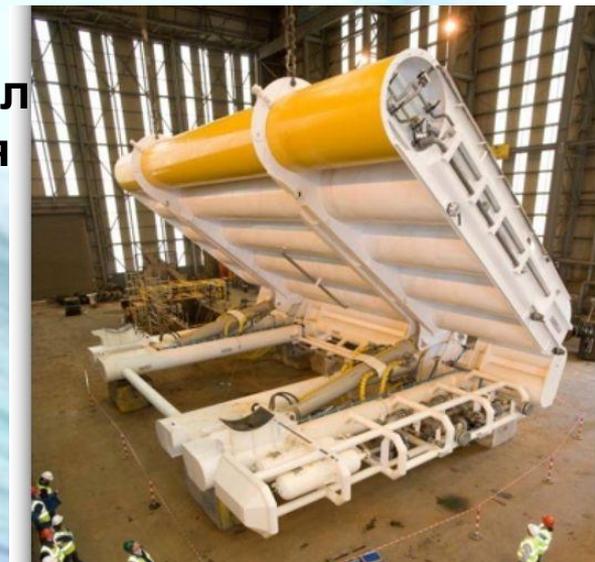
# Волны



**Submerged pressure differential -**  
заглубленные конструкции,  
использующие волновое давление на  
поверхность

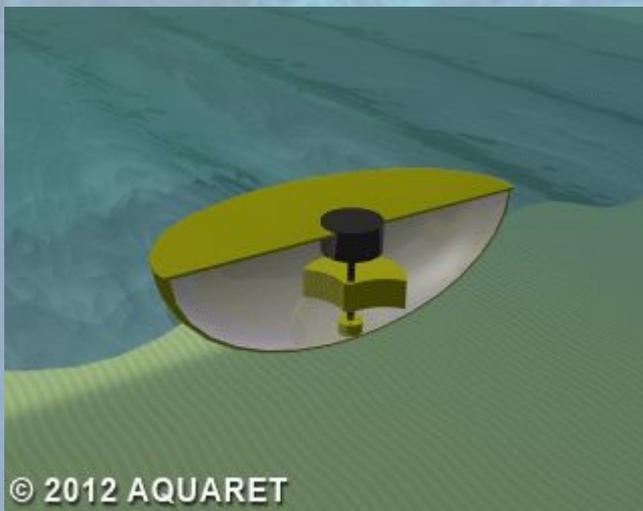


**Преобразователь  
и с качающейся  
створкой**



*Oyster*

# Волны



**Rotating mass** – плавучие качающиеся устройства с вращающимися массами, использующие реакции от прецессии гироскопа



*Wello Penguin*

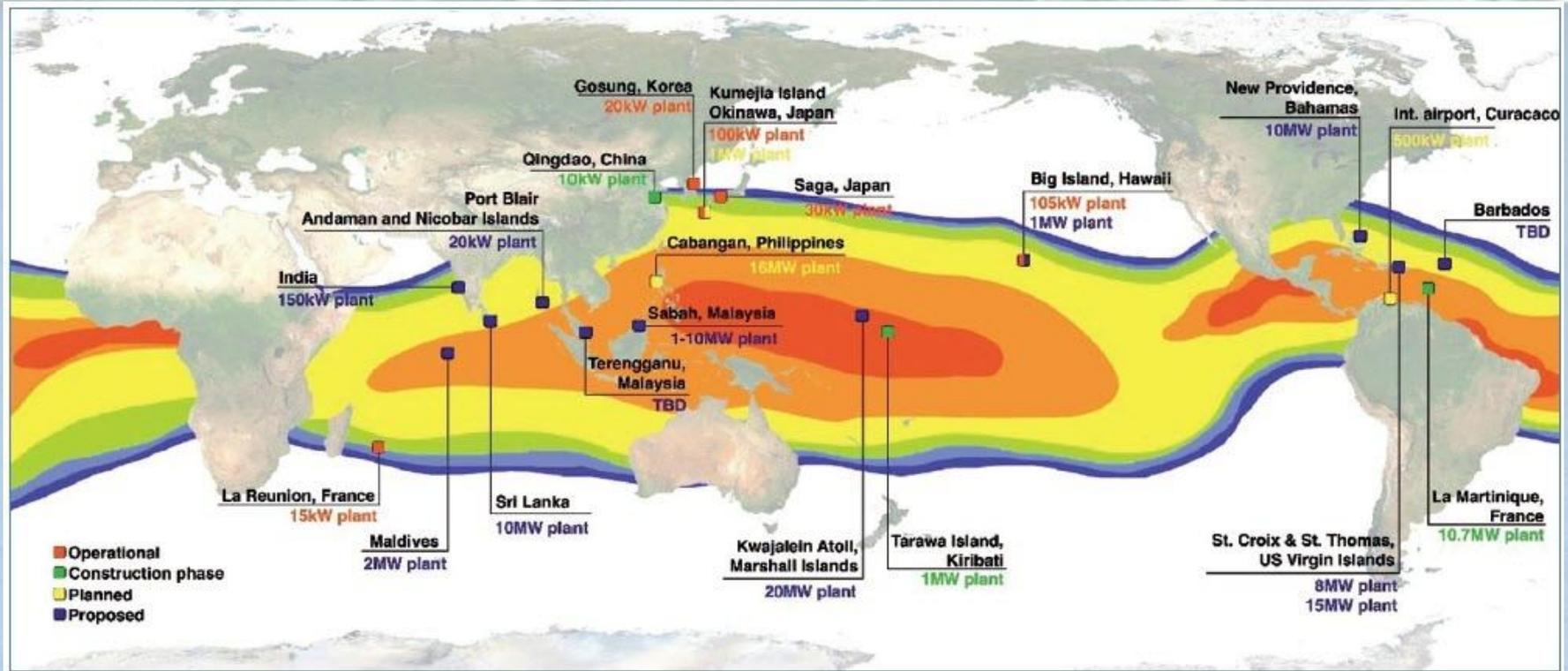


**Bulge wave** – эластичные изгибаемые «шланги», через которые происходит «прокачка» воды за счёт волнового давления



*Anaconda*

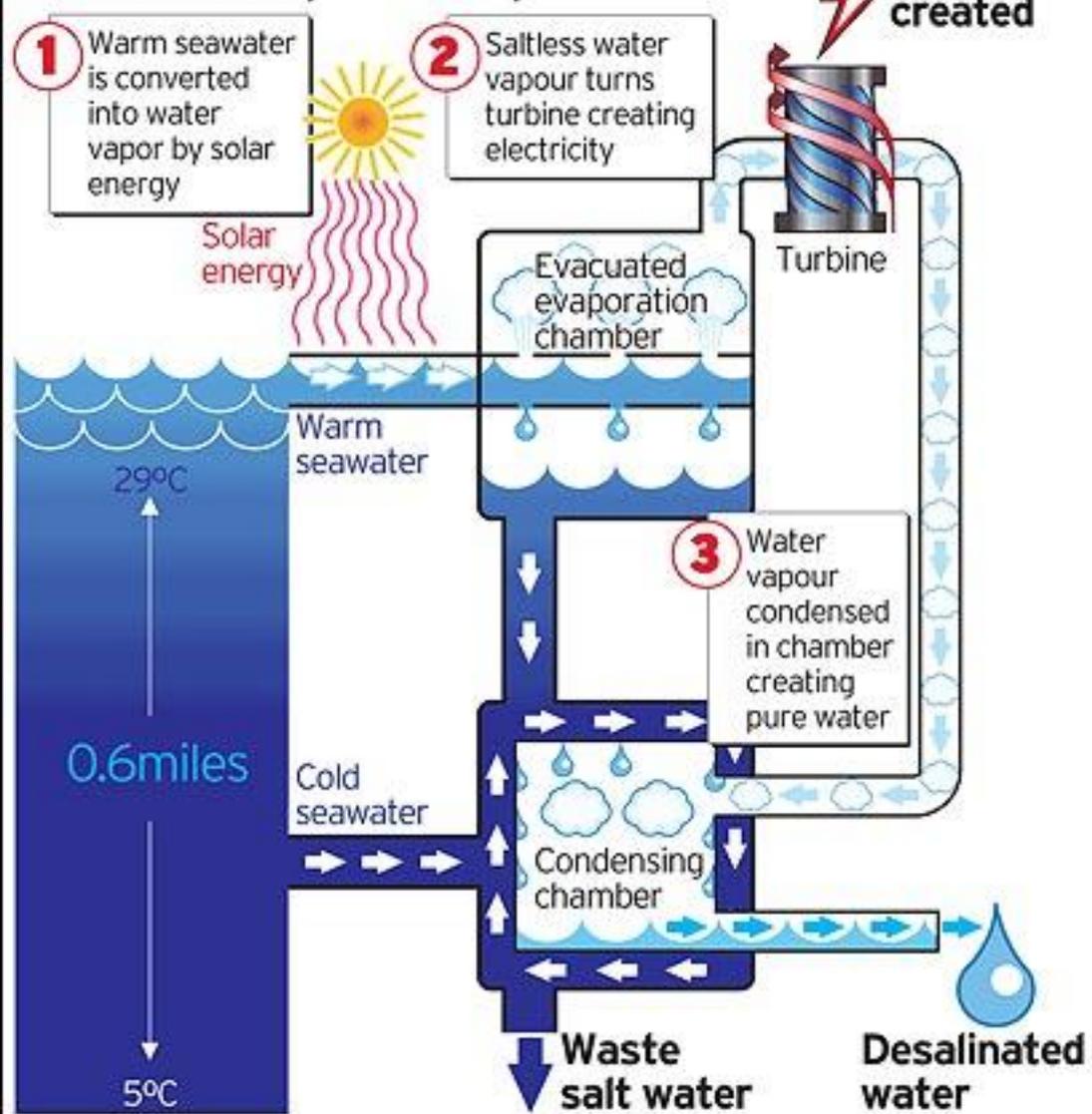
# Тепловая энергия океана



*Распределение энергетического потенциала температурного градиента морской воды по данным Ocean Energy Systems Technology Collaboration Programme (OES)*

# Тепловая энергия океана

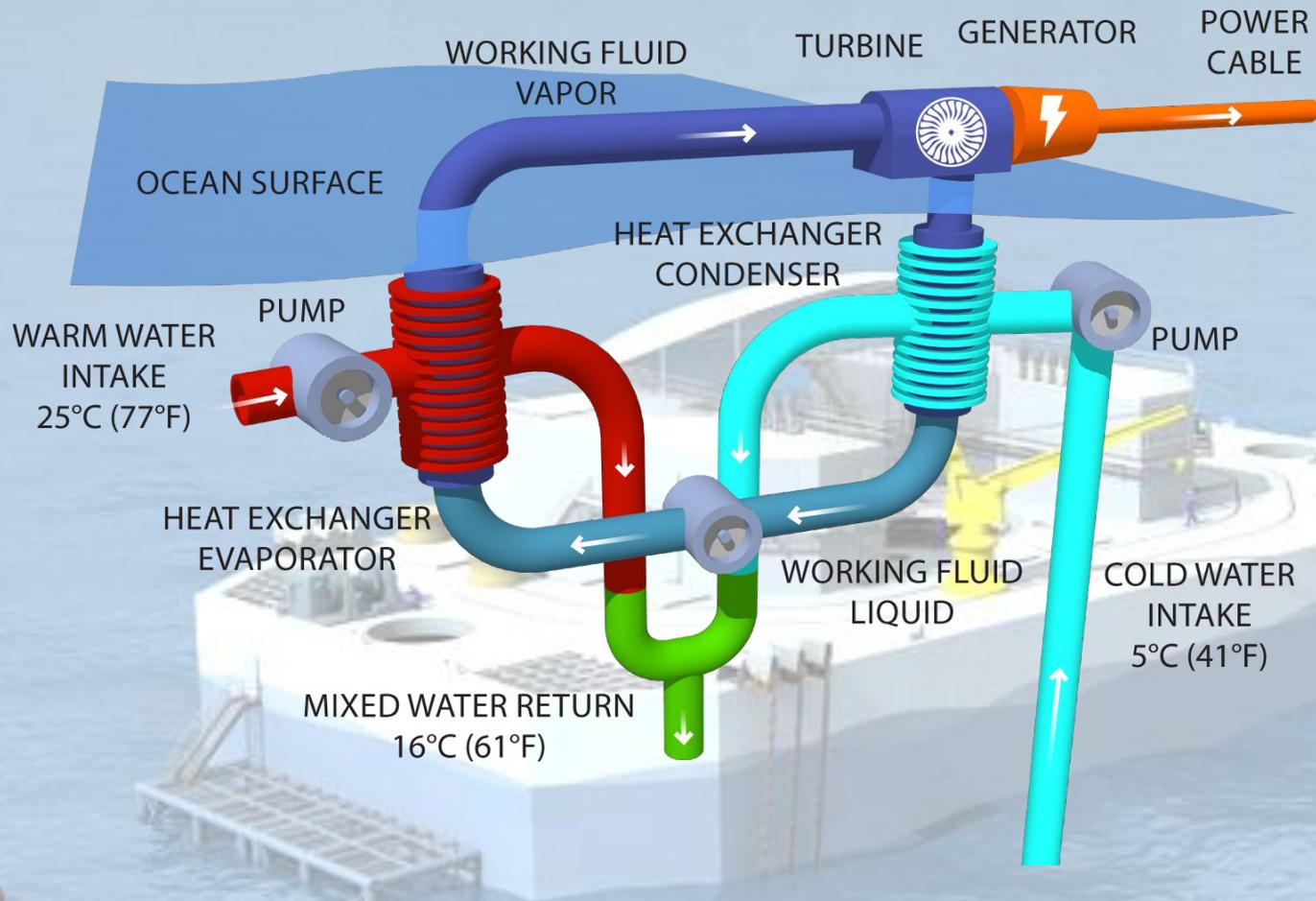
## How ocean power operates



ОТЭС открытого цикла



# Тепловая энергия океана



ОТЭС  
закрытого  
цикла

# Тепловая энергия океана

## Преимущества:

- Воздействие на окружающую среду минимально
- Минимальные затраты на обслуживание, по сравнению с обычными электростанциями
- Системы ОТЭС открытого цикла могут производить опресненную воду

## Недостатки:

- Подходит только для экваториальных вод
- Стоимость электроэнергии, производимой ОТЭС, выше традиционной.
- Большие размеры и стоимость установки



# Приливы и отливы



Полная  
вода



Малая  
вода



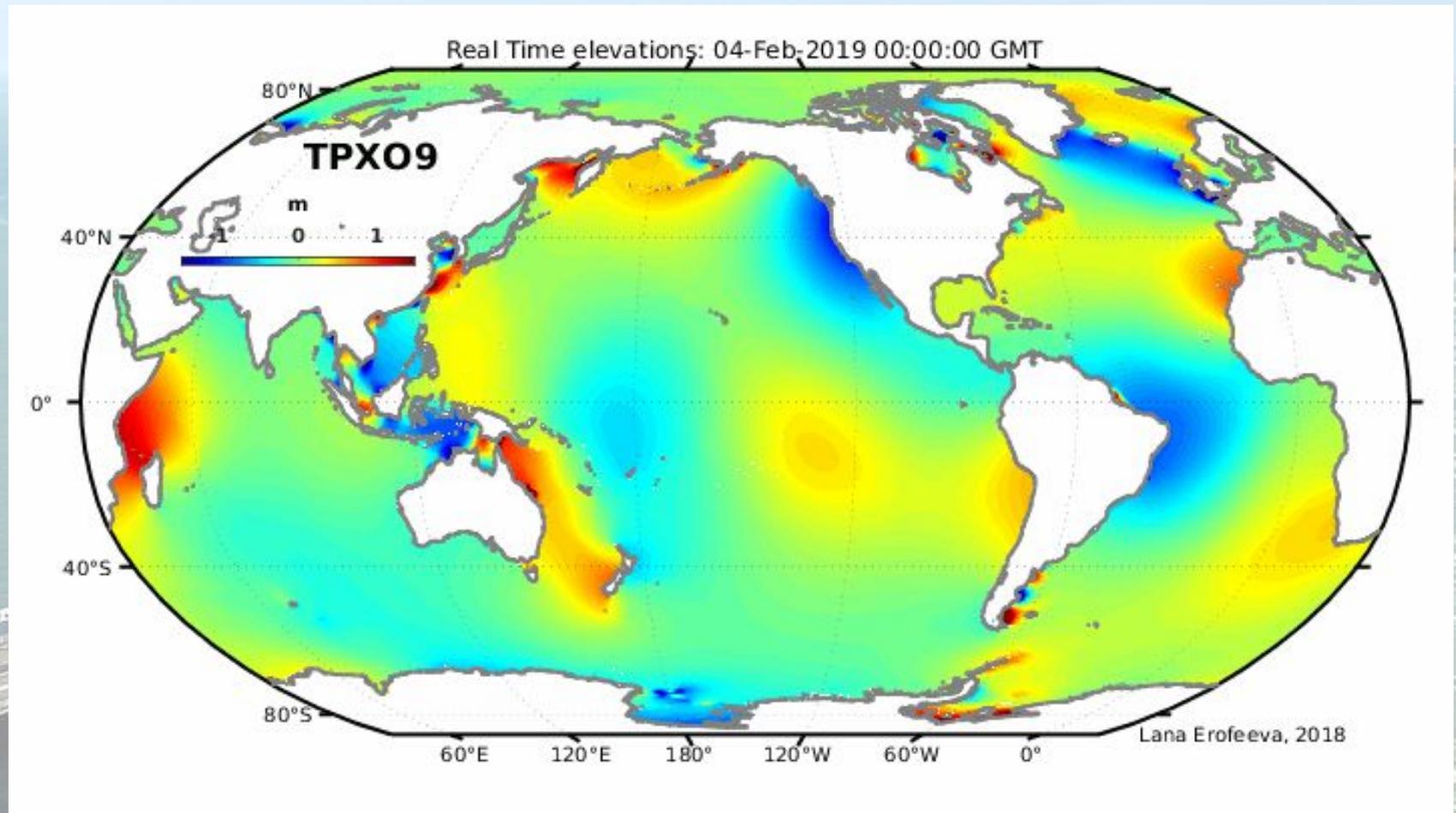
# Приливы и отливы



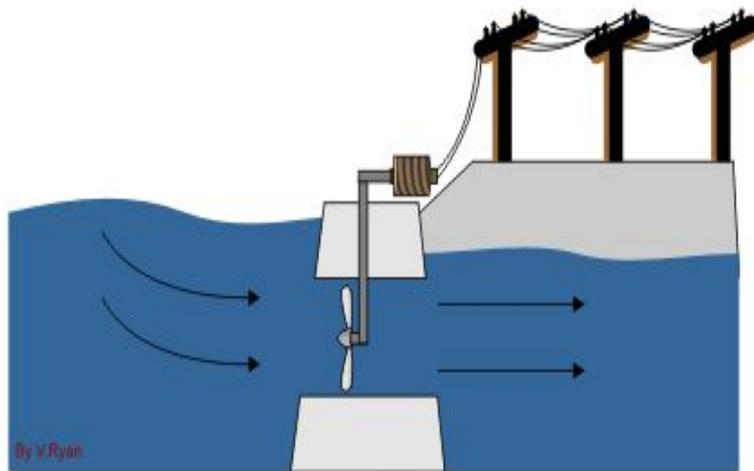
**Квадратурный прилив** — наименьший прилив, когда приливообразующие силы Луны и Солнца действуют под прямым углом друг к другу.

**Сизигийный прилив** — наибольший прилив, когда приливообразующие силы Луны и Солнца действуют вдоль одного направления.

# Приливы и отливы

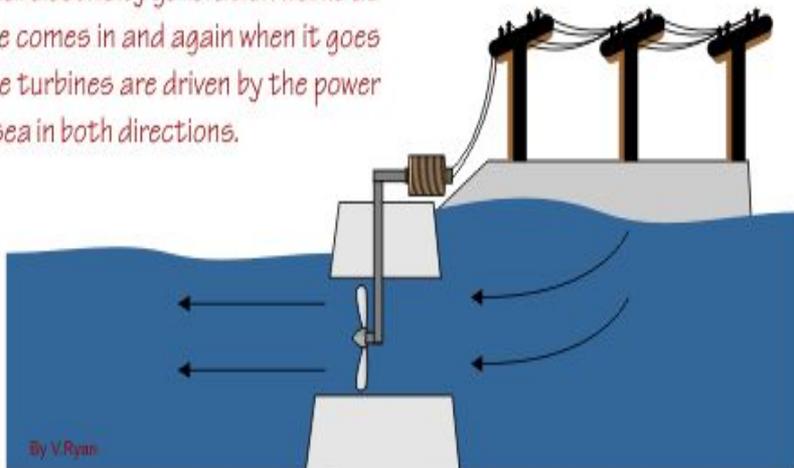


# Приливы и отливы



TIDE COMING IN

*This tidal electricity generation works as the tide comes in and again when it goes out. The turbines are driven by the power of the sea in both directions.*



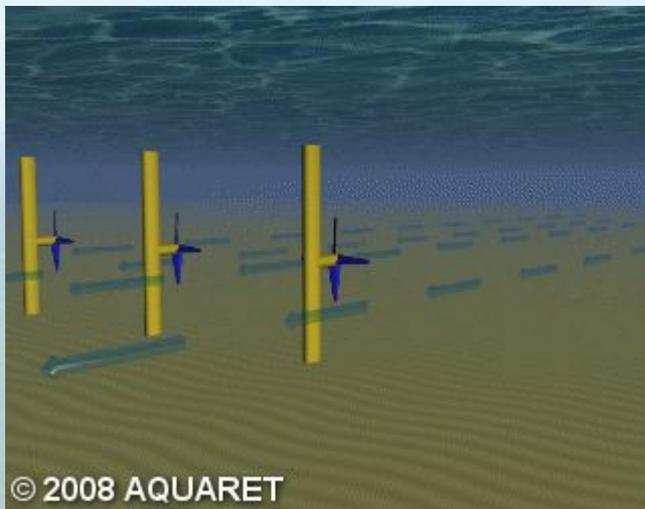
TIDE GOING OUT

Потенциальная мощность плотинной ПЭС за приливной период  $T$ :

$$E = \frac{\rho A g R^2}{2T}$$

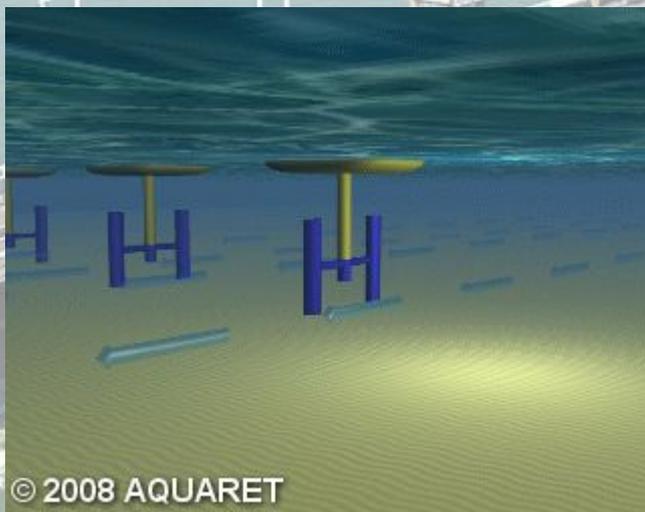
$R$  – высота прилива  
 $A$  – площадь бассейна, образуемого плотиной

# Приливы и отливы



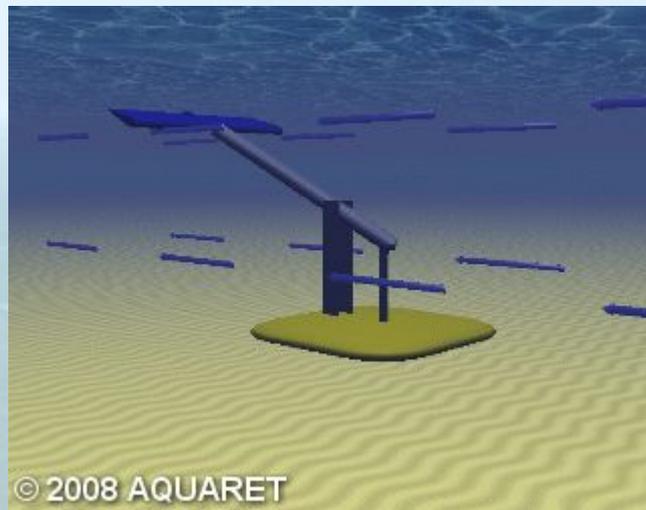
Турбины с  
горизонтальной осью  
вращения

$$E = \frac{1}{2} \rho V^3 S$$

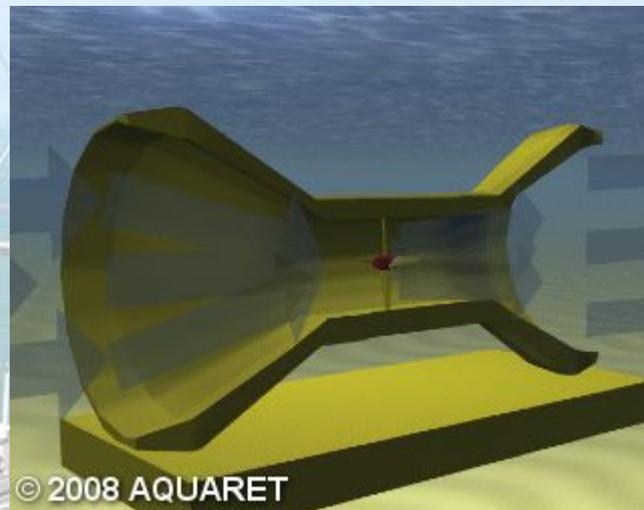


Турбины с вертикальной  
осью вращения

# Приливы и отливы



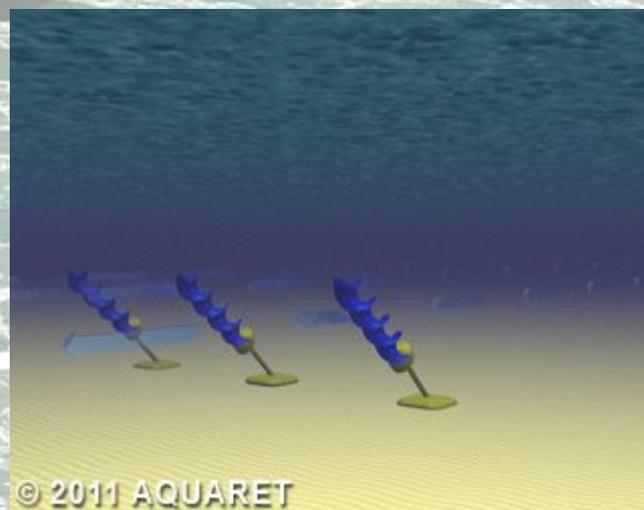
Колеблущееся крыло



Устройства с эффектом Вентури



«Подводный змей»



Турбины в виде «Архимедова винта»

# Приливы и отливы

## Преимущества:

- Предсказуемость приливов и отливов

## Недостатки:

- Непостоянность энергии во времени
- Несовпадение времени прилива с временем пикового потребления энергии.
- В случае плотин присутствует воздействие на окружающую среду
- Большая стоимость



# Заключение

<b>Оценка глобального энергетического потенциала различных ВИЭ</b>	<b>ТВт·ч/год</b>
Солнечная энергия	613К
Ветер	95К
Волны	8К-80К
Приливы	1.2К
Тепловая энергия океана	3К
<b>Производство энергии в мире (на 2017 год)</b>	<b>~26К</b>

# Заключение

- Океан является самым большим в мире естественным аккумулятором солнечной и приливной энергии
- Эта энергия, преобразованная океаном в кинетическую и тепловую, представляет собой экологически чистую и безопасную альтернативу атомной энергии
- Для генерации электричества могут использоваться градиенты температуры, приливные изменения уровня моря, течения и волны.
- Помимо самих ресурсов океана, он может служить удобной площадкой для ветряных и солнечных электростанций
- Существует более 200 концепций устройств служащих для преобразования энергии океана
- Доступные ресурсы ВИЭ на много порядков превышают нынешнюю потребность человечества в электроэнергии