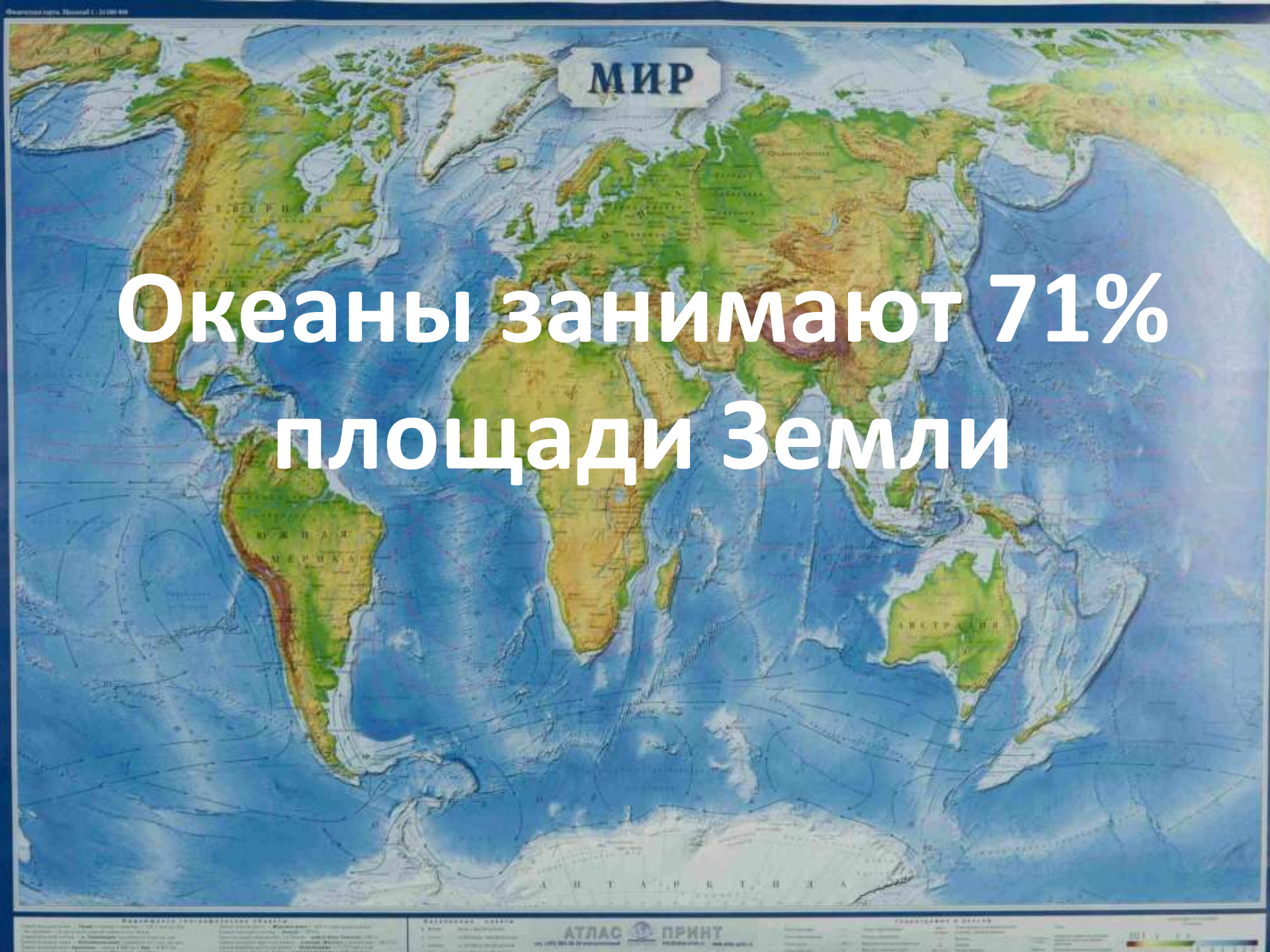
Морские волны как феномен природы и объект геофизической гидродинамики.



Океаны занимают 71% площади Земли

100% площади океанов покрыты волнами.

Волны влияют на:

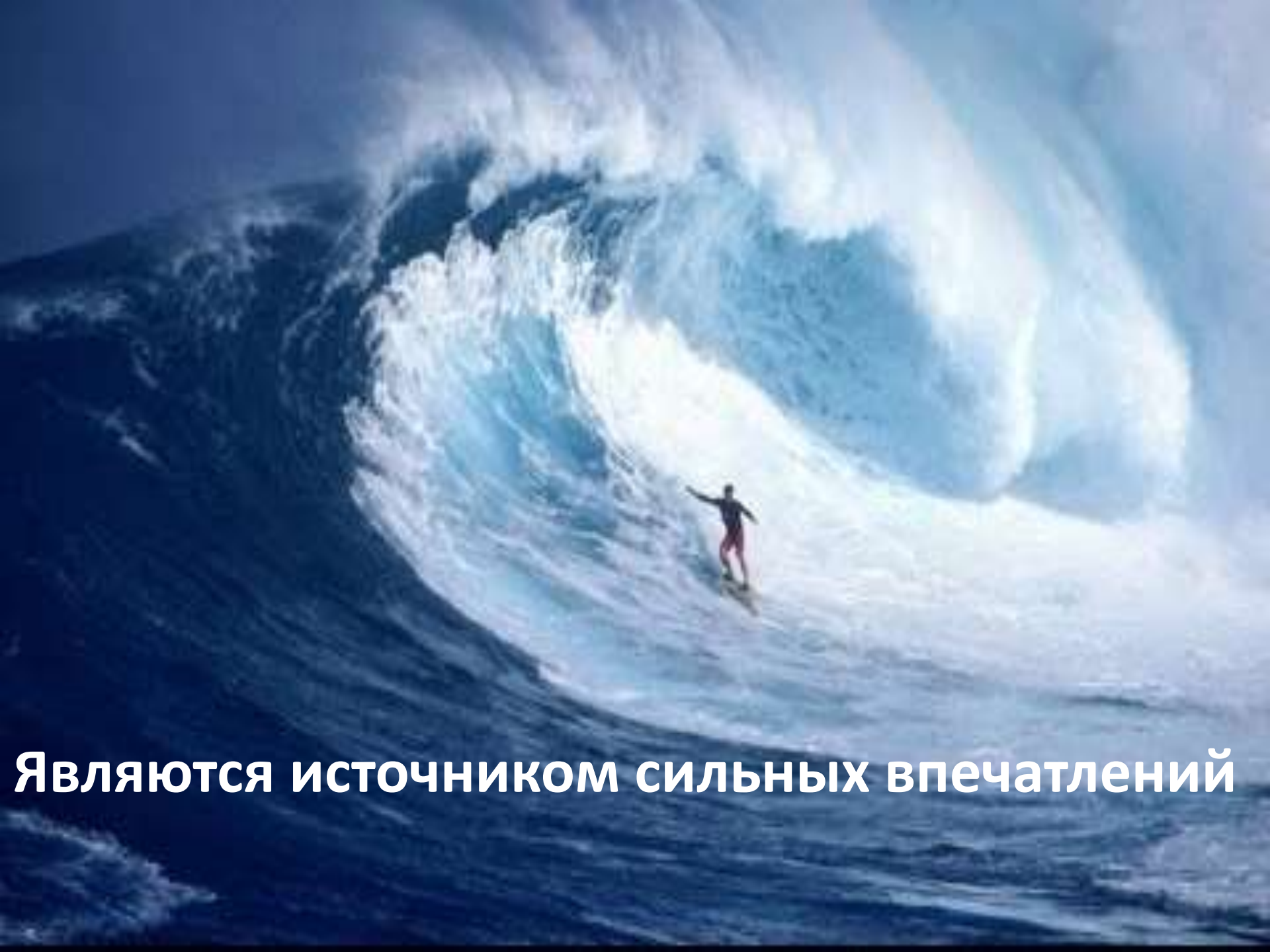
Судоходство

Прибрежные сооружения

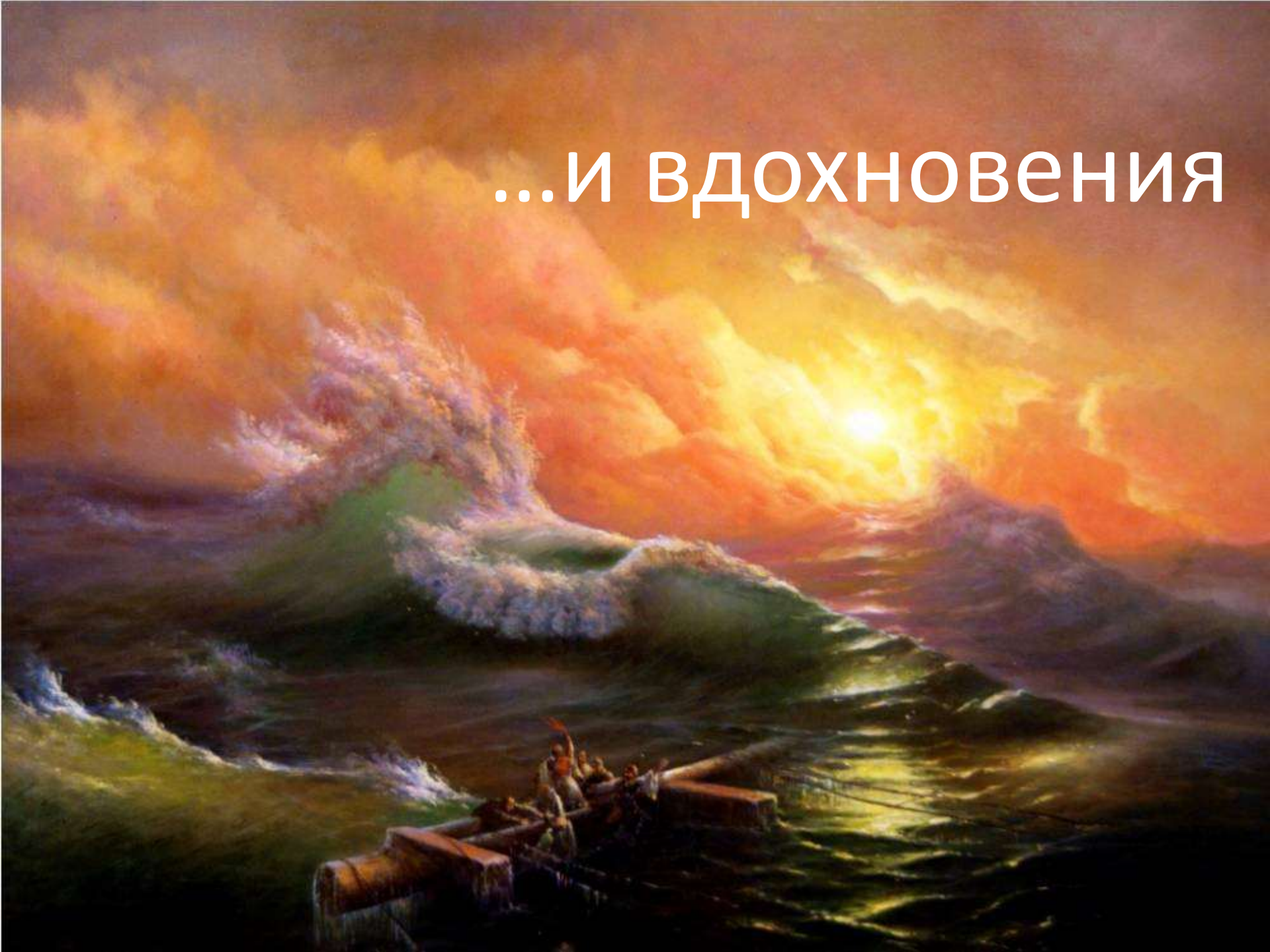
Нефтяные платформы

Волны обладают мощью

Красотой



Являются источником сильных впечатлений

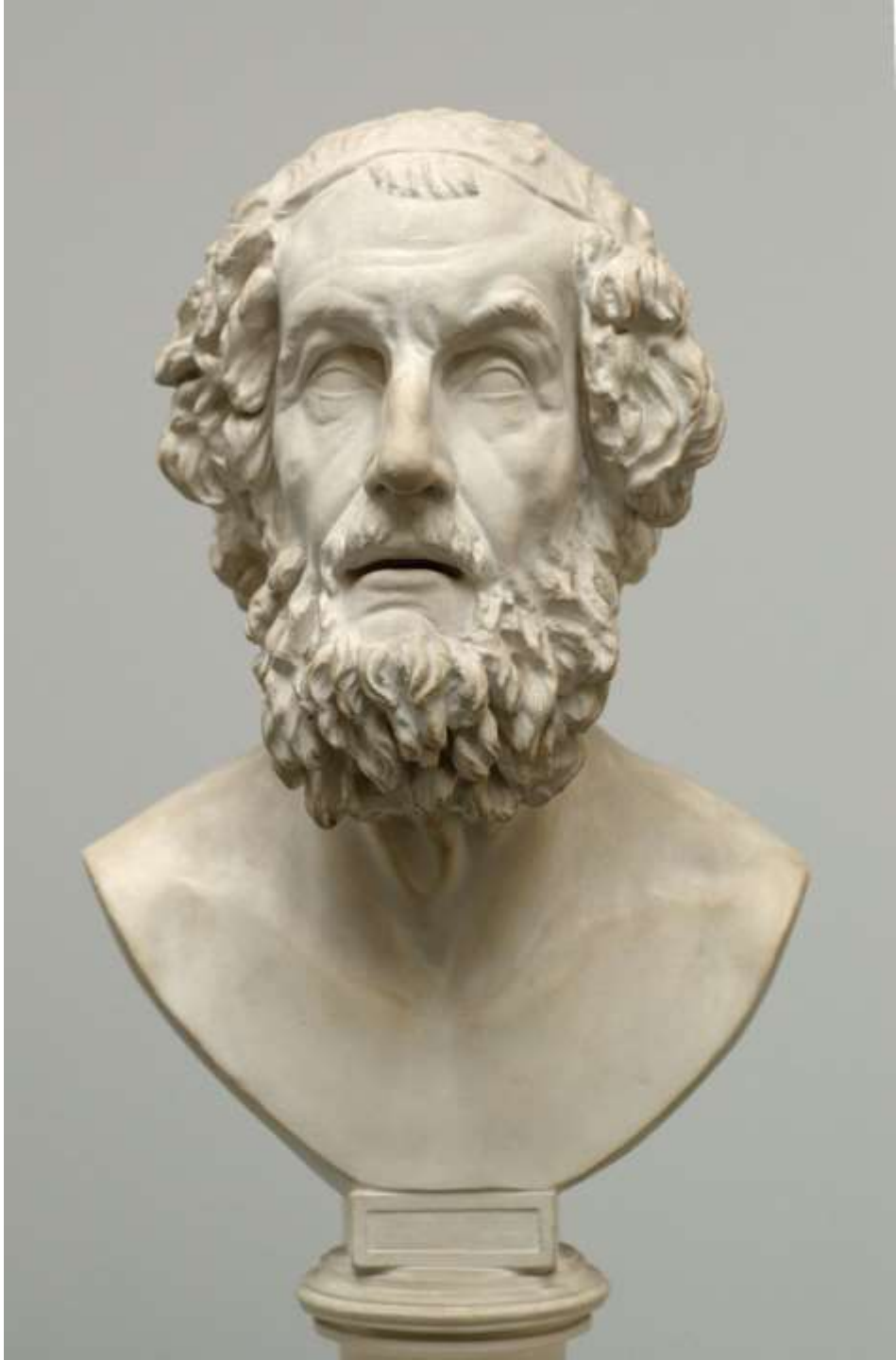

…и вдохновения

Ιτ ιδ τηε φορθε οφ ωινδ τηατ

μακεσ τηε ωαϖε σο γρεατ

Homer, Iliad, BookXV, 800B.C.

Translated by Samuel Batler



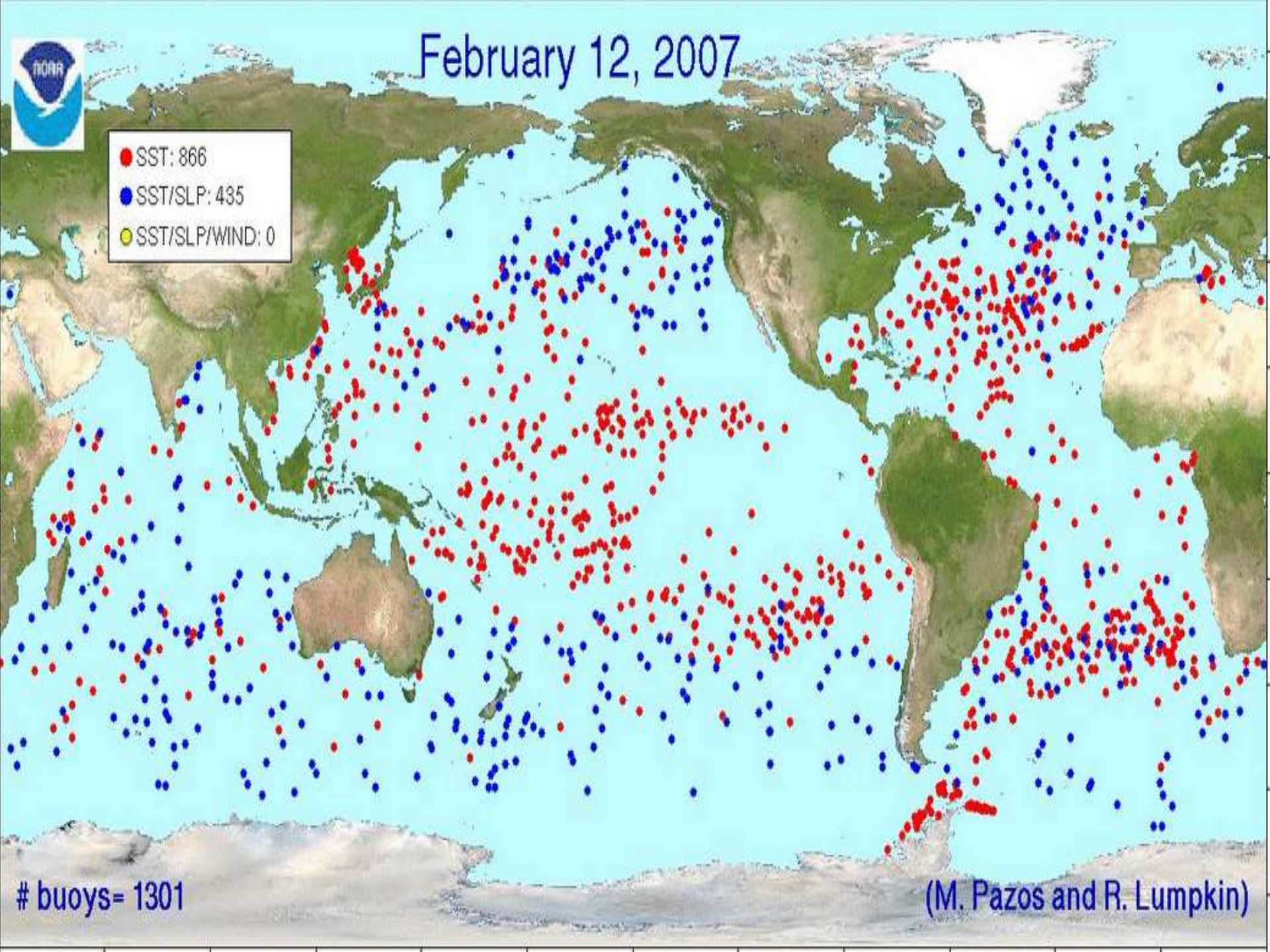
Волны аккумулируют практически безграничную энергию, но извлекать её можно лишь вдоль побережий

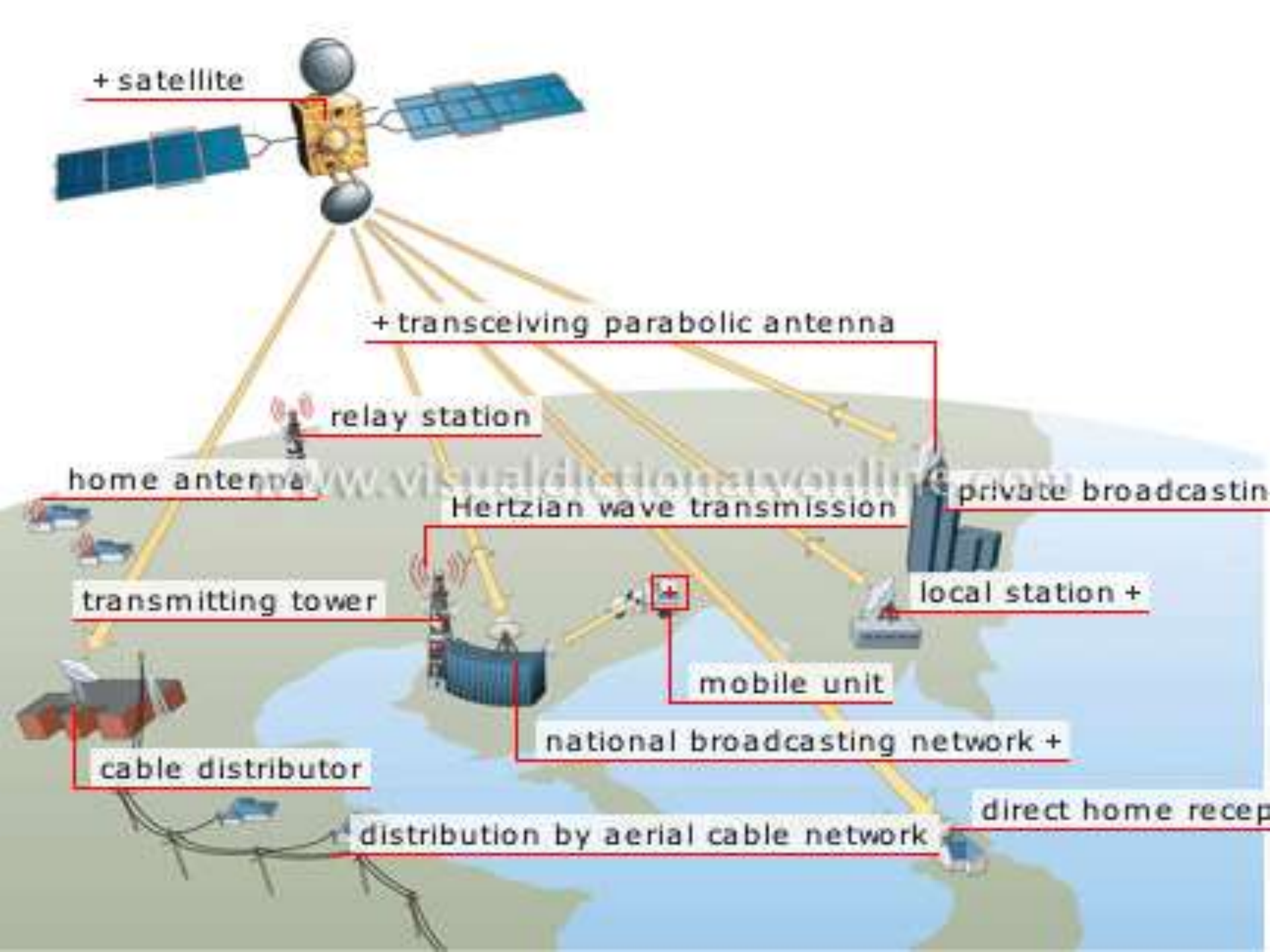
OCEAN POWER DELIVERY LTD

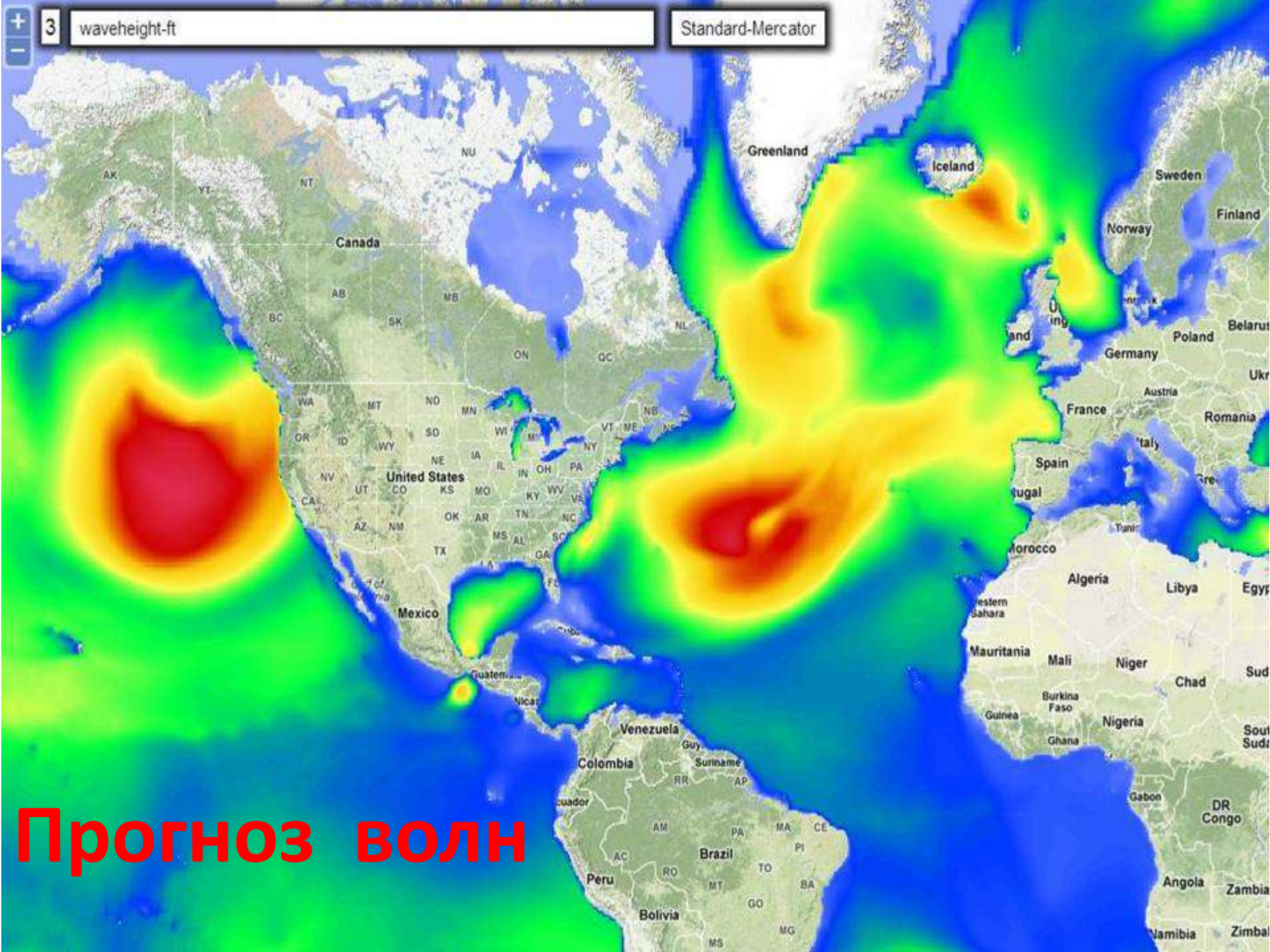
COPPE
UFRJ
Tractebel Energia
GDF SUEZ
GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ

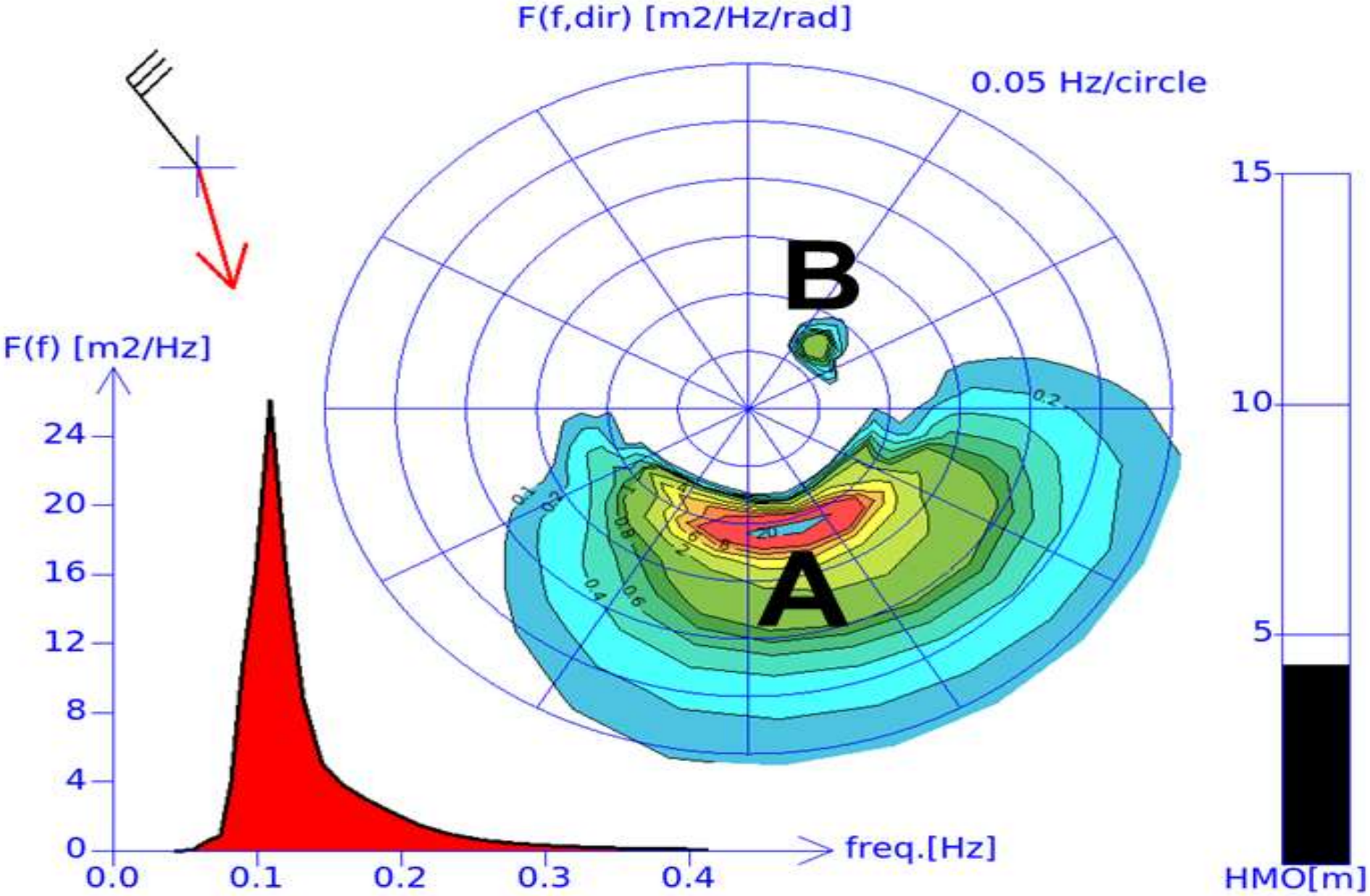
Полагаю, что инженеры что-нибудь придумают…

Волновые буи


February 12, 2007
SST: 866
SST/SLP: 435
SST/SLP/WIND: 0
buoys= 1301
(M. Pazos and R. Lumpkin)


+ satellite
+ transceiving parabolic antenna
relay station
home antenna
Hertzian wave transmission
private broadcastin
transmitting tower
local station +
mobile unit
national broadcasting network +
cable distributor
direct home recep
distribution by aerial cable network

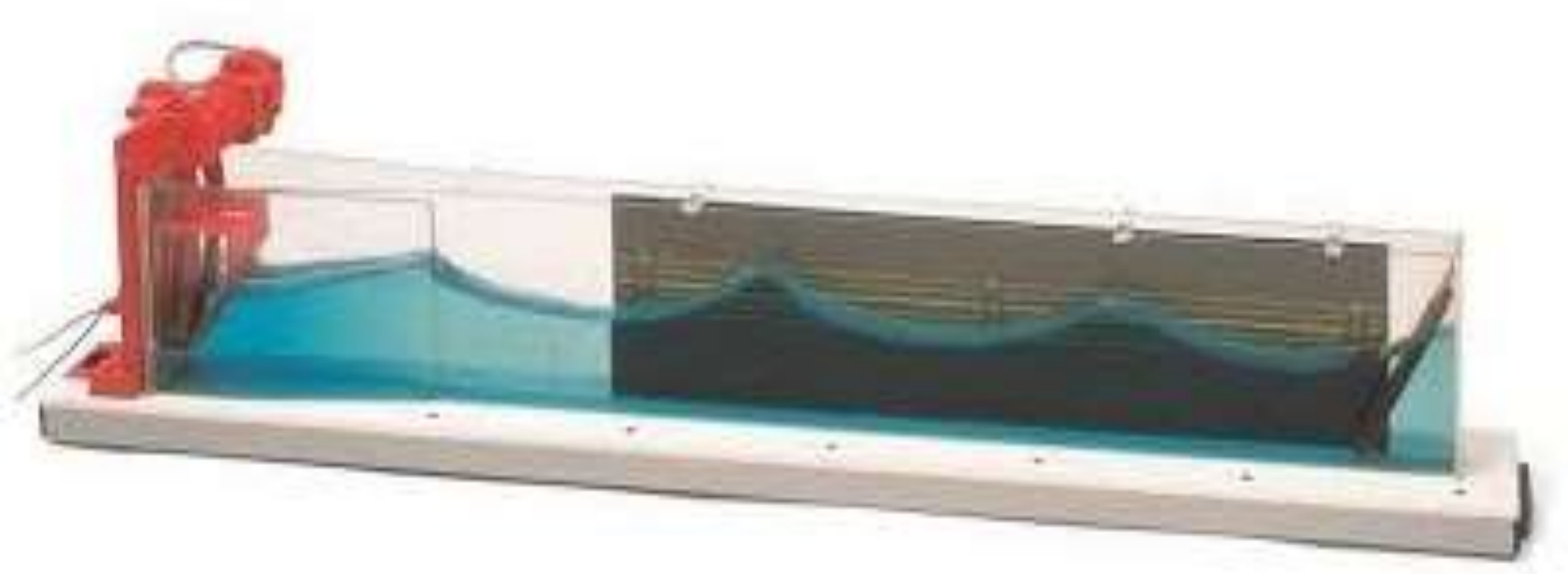

3
waveheight-ft
Standard-Mercator
Greenland
Iceland
Sweden
Finland
Norway
Canada
United States
Mexico
Germany
Poland
France
Austria
Romania
Spain
Morocco
Algeria
Libya
Mauritania
Mali
Niger
Chad
Nigeria
Venezuela
Colombia
Suriname
Brazil
Peru
Bolivia
Angola
Zambia
DR Congo
Gabon
Namibia
Прогноз волн



Position: 71.4N 12.1E Time: 2015-11-20 18:00 UTC (+42)

HMO= 4.3m Tp= 9.2s DDp= 526.7 deg

Ветроволновые каналы



Математика и компьютеры в исследовании волн

Инженерные (спектральные) модели

Теоретические модели

Осреднённое по времени уравнение Навье-Стокса для одной компоненты скорости

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t}+\bar{u}\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}+\bar{v}\frac{\partial \bar{u}}{\partial y}+\bar{w}\frac{\partial \bar{u}}{\partial z}=g_x-\frac{1}{\rho}\frac{\partial \bar{p}}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}\left\{-\rho\overline{u'u'}+\mu\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}\right\}$$

$$\frac{\partial}{\partial y}\left\{-\rho\overline{u'v'}+\mu\frac{\partial \bar{u}}{\partial y}\right\}+\frac{\partial}{\partial z}\left\{-\rho\overline{u'w'}+\mu\frac{\partial \bar{u}}{\partial z}\right\}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

Поскольку область ограничена криволинейной движущейся поверхностью, к уравнения, присоединяется кинематическое условие на поверхности

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}=u_0\frac{\partial \eta}{\partial x}+v_0\frac{\partial \eta}{\partial y}+w_0$$

Initial equation of potential motion with free surface

$$\Phi_{xx} + \gamma^2 \Phi_{yy} + \Phi_{zz} = 0$$

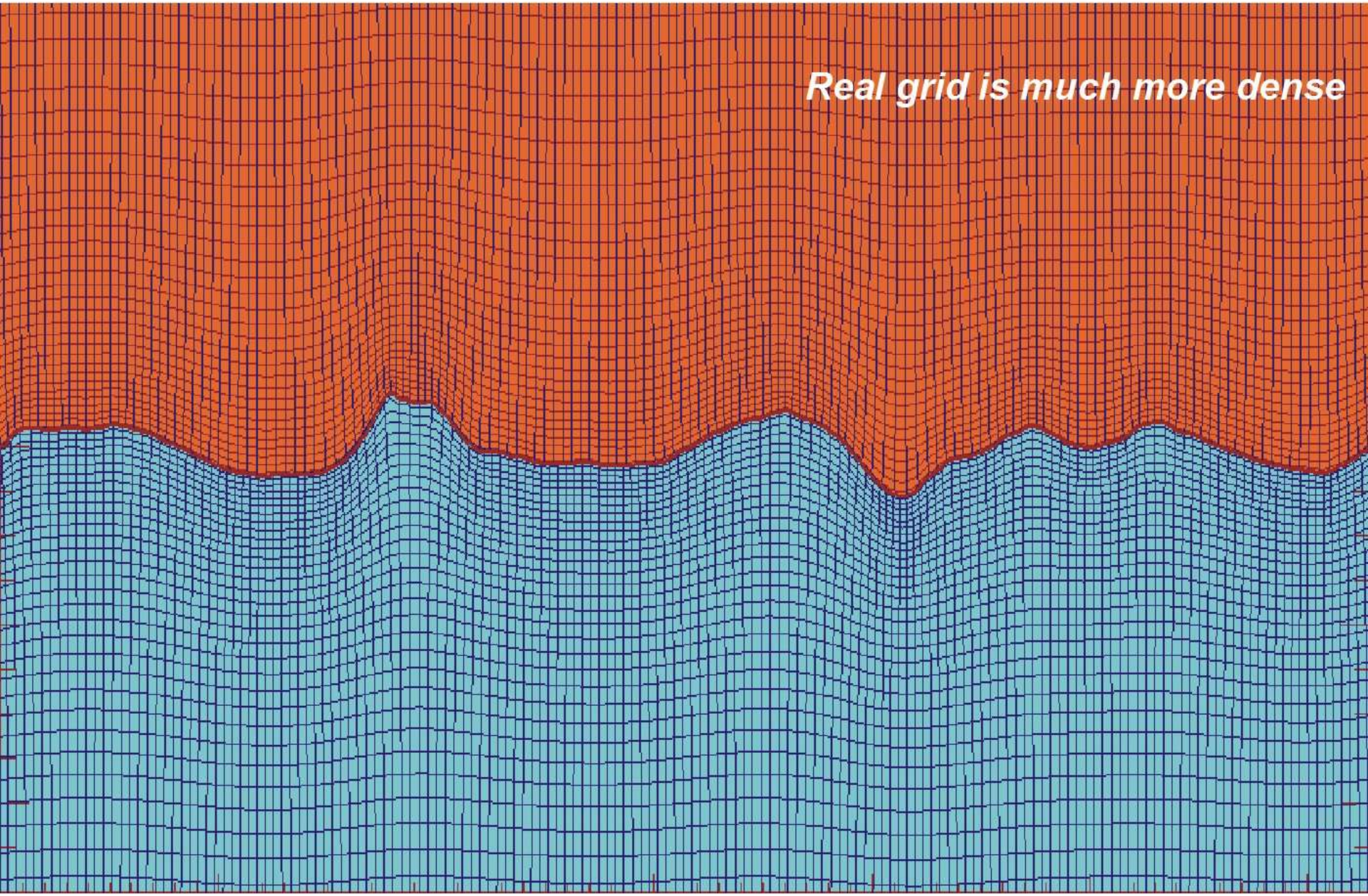
$$\eta_t + \eta_x \varphi_x + \gamma^2 \eta_y \varphi_y - \Phi_z = 0$$

At surface $z = \eta(x, y, t)$ на

$$\varphi_t + \tfrac{1}{2}\left(\varphi_x{}^2 + \gamma^2 \varphi_y^2 + \Phi_z{}^2\right) + \eta + p = 0$$

What are the troubles?

Surface-following conformal grid



The same equations in surface-fitted non-orthogonal nonstationary coordinate system

$$\xi = x, \quad \vartheta = y, \quad \zeta = z - \eta(\xi, \vartheta, \tau), \quad \tau = t$$

$$\eta_\tau = -\eta_\xi \varphi_\xi - \eta_\vartheta \varphi_\vartheta + \left(1 + \eta_\xi^2 + \eta_\vartheta^2\right)\Phi_\varsigma$$

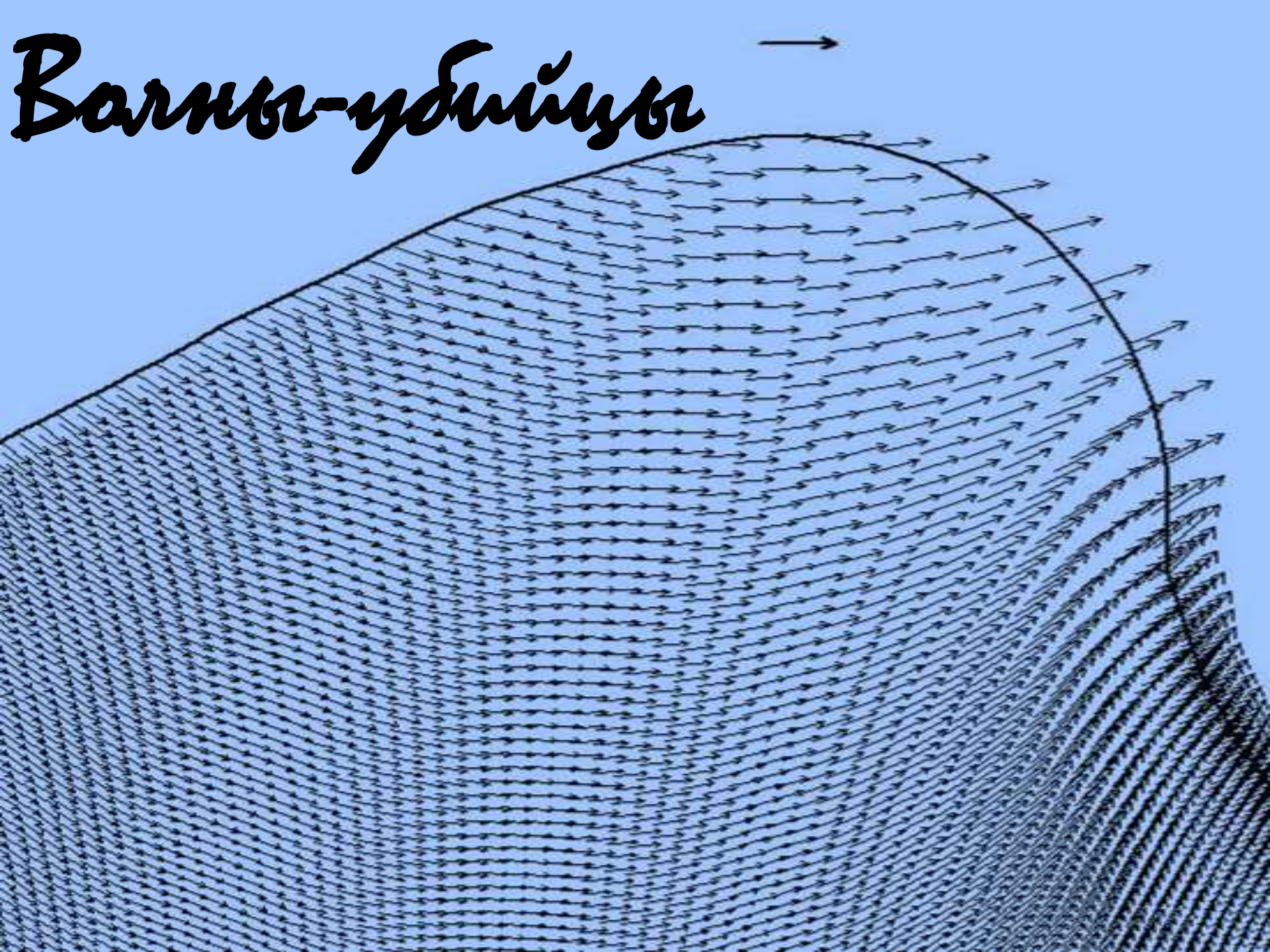
$$\varphi_\tau = -\frac{1}{2}\left(\varphi_\xi^2 + \varphi_\vartheta^2 - \left(1 + \eta_\xi^2 + \eta_\vartheta^2\right)\Phi_\zeta^2\right) - \eta - p$$

$$\Phi_{\xi\xi} + \Phi_{\vartheta\vartheta} + \Phi_{\zeta\zeta} = \Upsilon\left(\Phi\right)$$

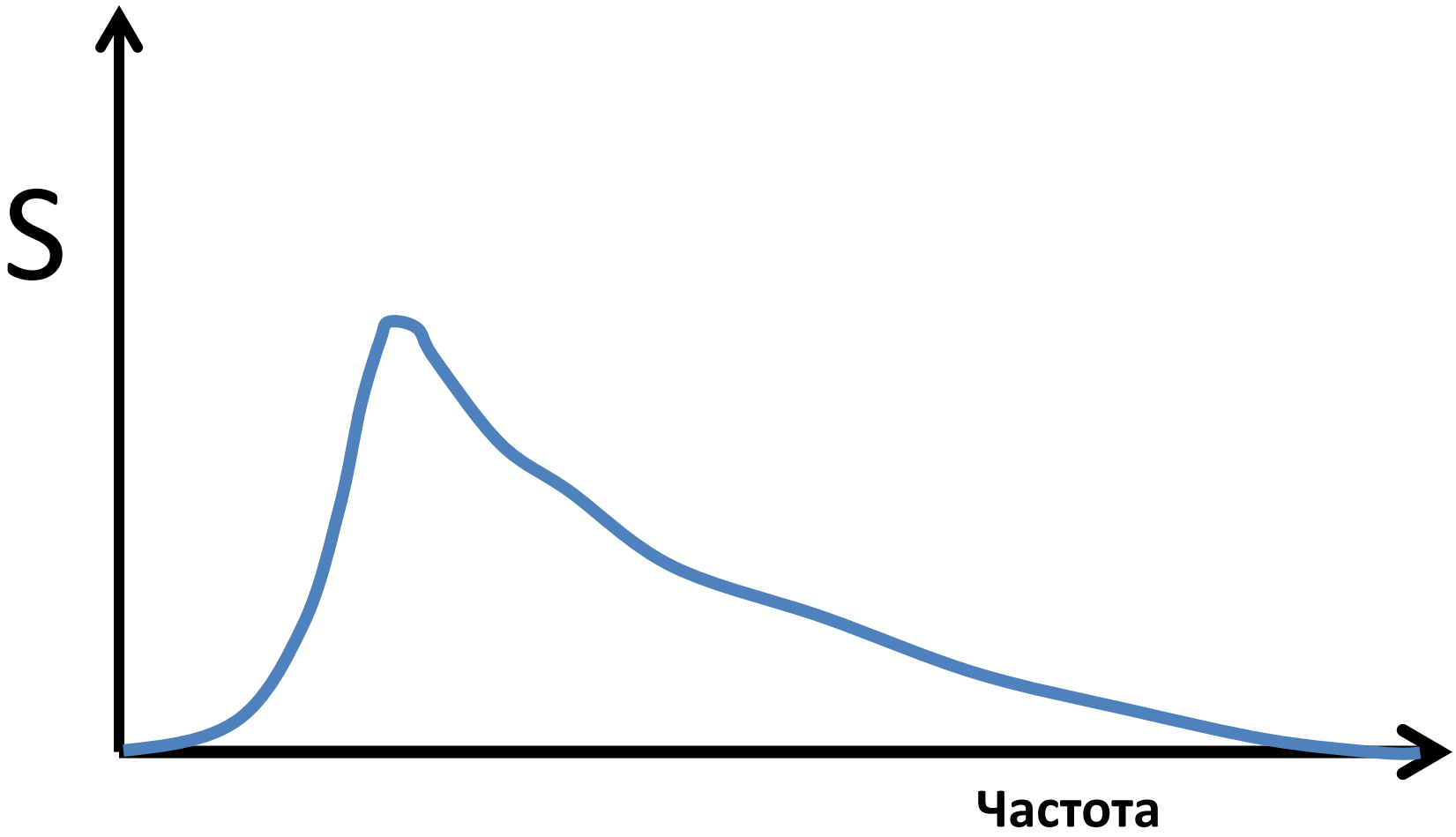
$$\Upsilon() = 2\eta_\xi()_{\xi\zeta} + 2\eta_\vartheta()_{\vartheta\zeta} + \left(\eta_{\xi\xi} + \eta_{\vartheta\vartheta}\right)()_\zeta - \left(\eta_\xi^2 + \eta_\vartheta^2\right)()_{\zeta\zeta}$$

Losses, advantages

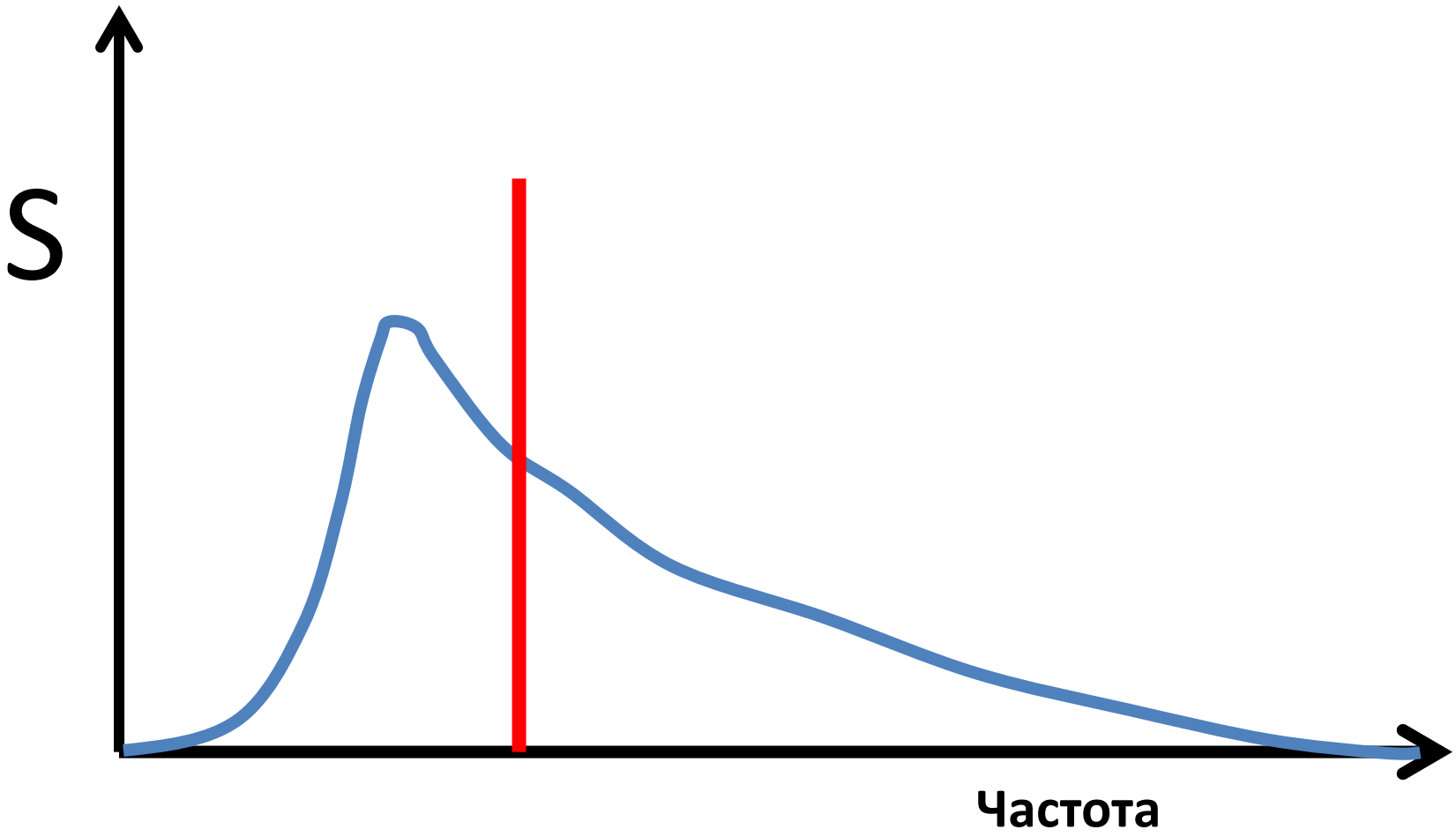
Волны-убийцы



Модуляционная неустойчивость как механизм генерации экстремальных волн

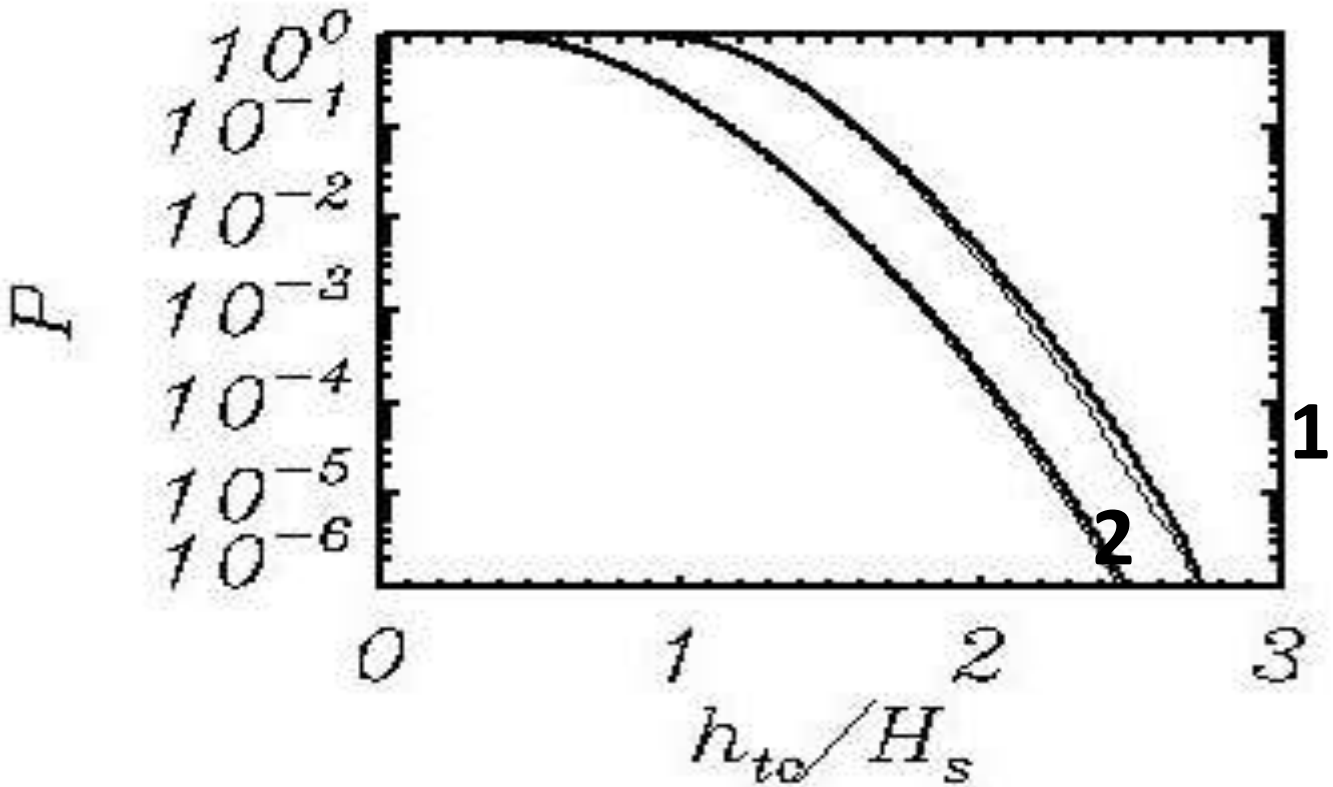


Модуляционная неустойчивость как механизм генерации экстремальных волн



1 – двумерные волны

2 – одномерные волны



Жирные кривые – расчёт по моделям

Тонкие кривые – расчёт по суперпозиции линейных волн.

Заключение

Статистика экстремальных волн, измеряемых от подошвы до гребня одинакова для линейных и нелинейных волн.

С удовольствием бы продолжил, но время истекло.

Спасибо!