

**Данные высокого разрешения в
исследованиях ветрового
волнения: волновые модели и
спутниковая альтиметрия**

Сергей Бадулин¹, Виктория Григорьева¹,
Lotfi Aouf², Alice Dalphinnet ²
(Division Marine Meteo-France)

Зачем нужны высокоразрешающие измерения и модели?

- Как показатель прогресса
(чем выше, тем круче)
- Для более качественного прогноза
(чем выше, тем лучше)

Наша позиция: Необходим баланс, определяемый нашими возможностями и естественными ограничениями физических моделей

В этом докладе

- Результаты моделирования волнения при различном разрешении
- Использование физической модели для восстановления периода (крутизны волнения) по данным альтиметрии
- Сопоставление с данными альтиметрии и перспективы взаимодействия моделей с данными высокого пространственного разрешения

Статистическое описание морского волнения

Уравнение Хассельманна (Hasselmann, 1962)

$$dE_k/dt = S_{nl} + S_{in} + S_{diss}$$

Принципиальный вопрос: какой член в правой части (физический механизм) главный?

Наш ответ: нелинейный перенос

Характерный масштаб: $L_{nl} \sim \mu^{-4}$ (крутизна)⁻⁴

Первые километры

Масштаб ген/дисс - больше

Аналитическая теория морского волнения

$$\mu = 0.596 |\nabla H_s|^{1/5}$$

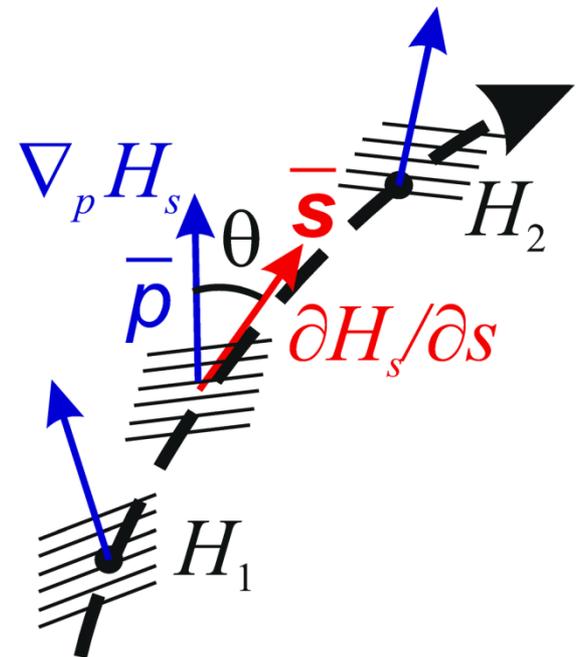
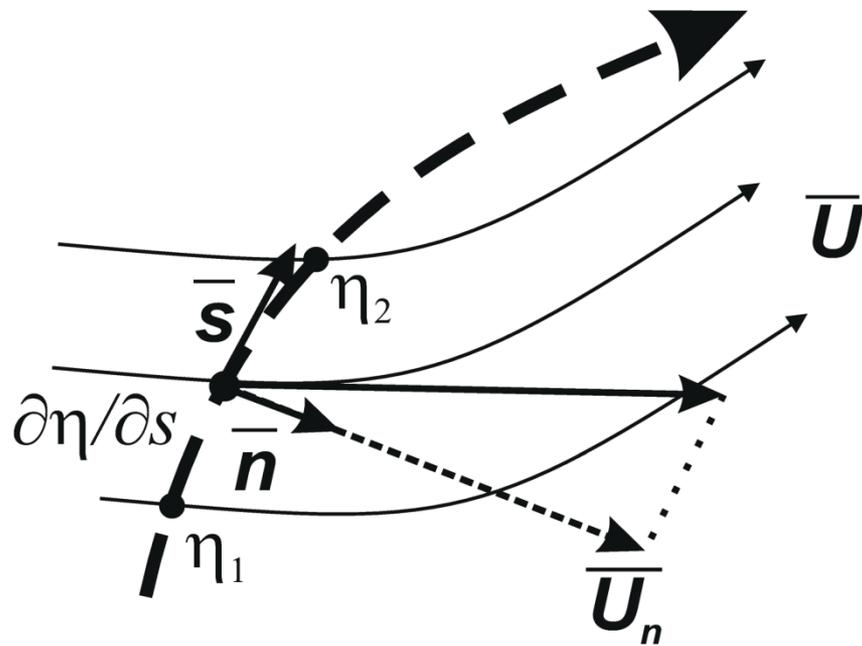
Для периода

$$\mu = \frac{\pi^2 H_s}{g T_p^2}$$

Работает при определенной иерархии физических масштабов

$$T_w \ll T_a \ll T_{nl} \ll T_{wind}$$

Аналог динамического метода для крупномасштабных течений



Publication of Geophysical Center RAS



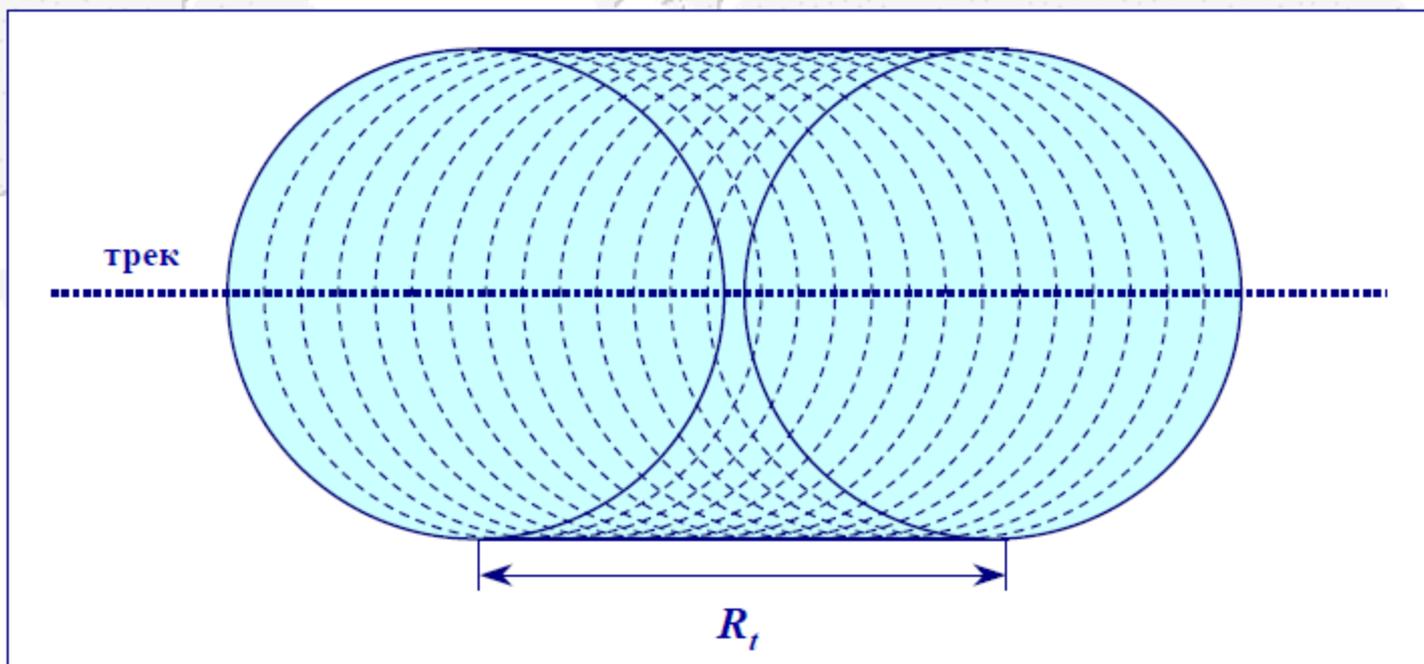
RUSSIAN JOURNAL OF EARTH SCIENCES, VOL. 18, ES5005, doi:10.2205/2018ES000638, 2018

Wave steepness from satellite altimetry for wave dynamics and climate studies

*S. Badulin, V. Grigorieva, A. Gavrikov, V. Geogjaev,
M. Krinitskiy, M. Markina*

Основы метода спутниковой альтиметрии

Спутник движется по орбите со скоростью 5.8 км/с вдоль трека.
При таком осреднении с интервалами осреднения 1, 0.1 и 0.05 с
суммарная площадь, с которой получена информация
соответственно составляет 19.75, 6.52 и 5.78 км².



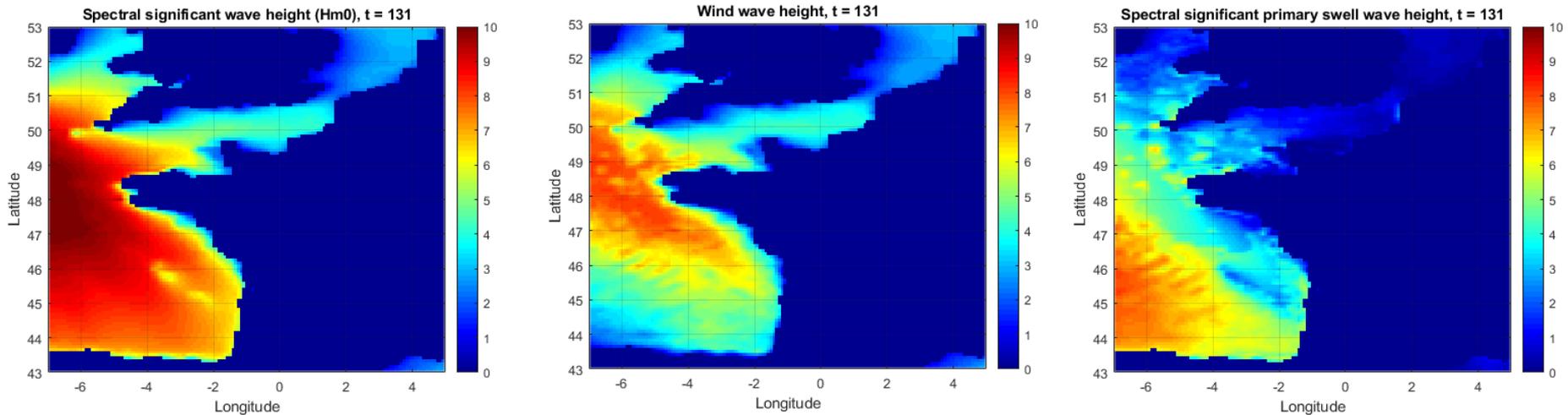
Изменение площади сегмента подстилающей поверхности,
с которого поступает информация, за счет осреднения

Высокоразрешающие модели

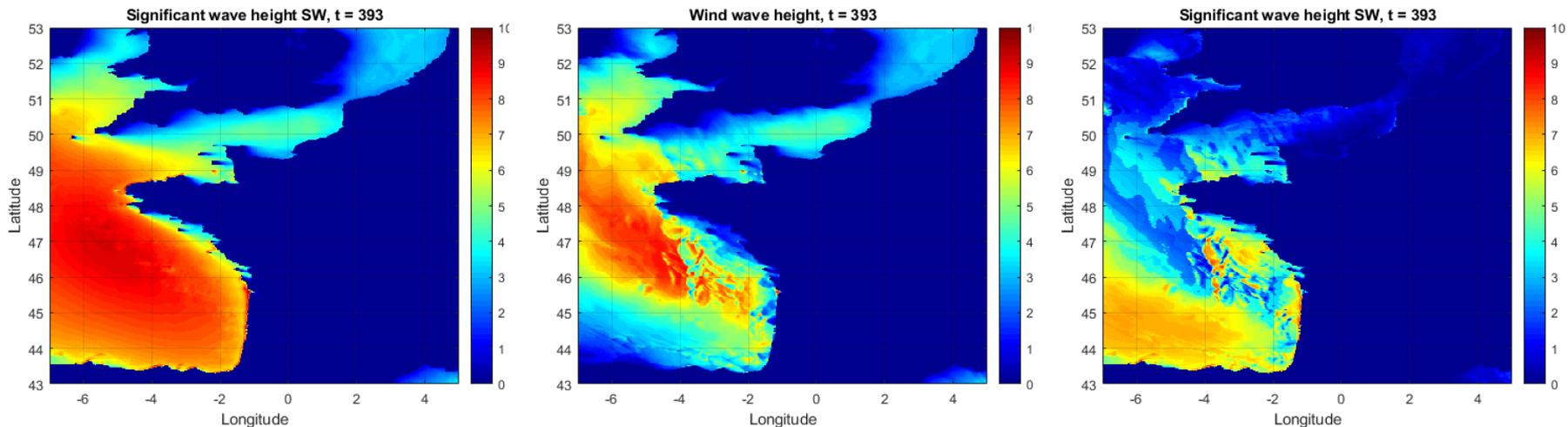
- Глобальная модель с разрешением 0.1 градуса 3 часа, (CMEMS - <http://marine.copernicus.eu>)
- MFWAM (Meteo-France) 0.025° и 1 час
- WaveWatch-III + WRF 0.01° и 1 час

17 января 2018, 9.00

СМЕМ (10 км)



MMFWAM (2.5 km)

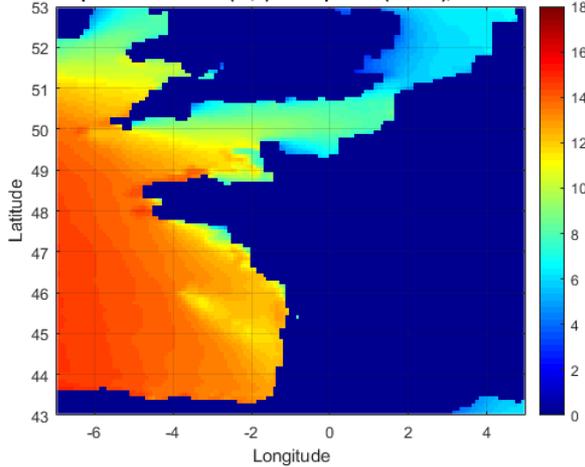


Анализ нетривиален. Различно не только разрешение, но и накачка, и разделение на зыбь и ветровое волнение

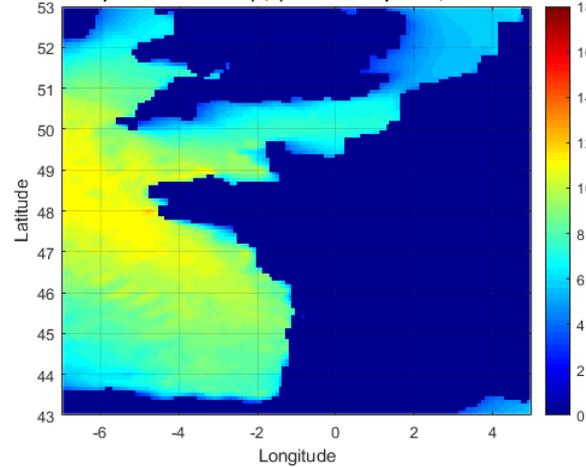
Периоды волнения

CMEMS

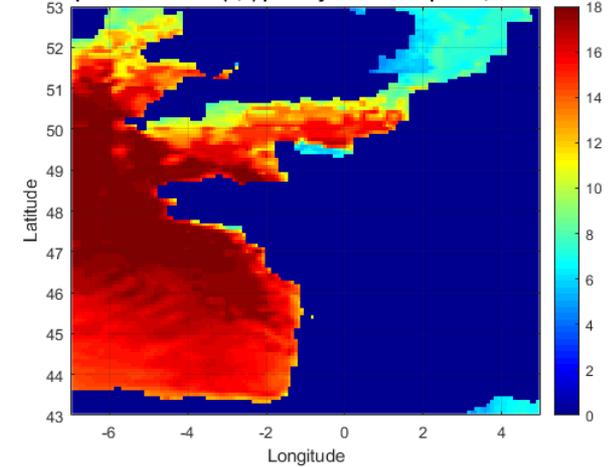
Spectral moments (-1,0) wave period (Tm-10), t = 131



Spectral moments (0,1) wind wave period, t = 131

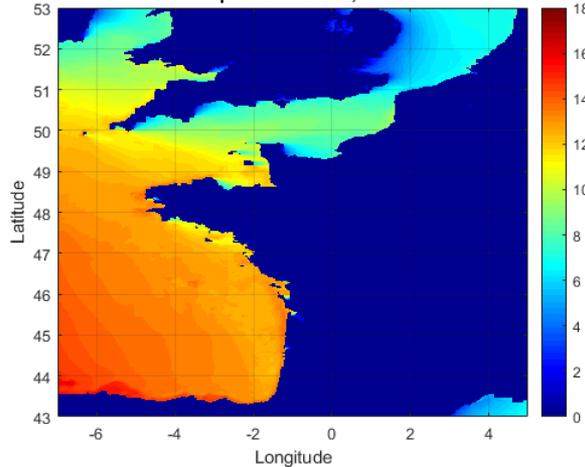


Spectral moments (0,1) primary swell wave period, t = 131

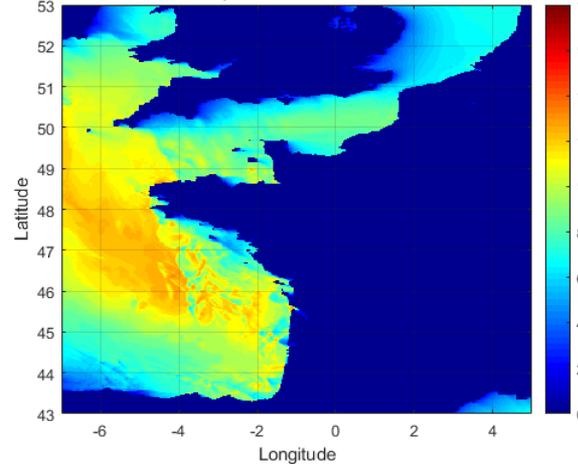


MFWAM

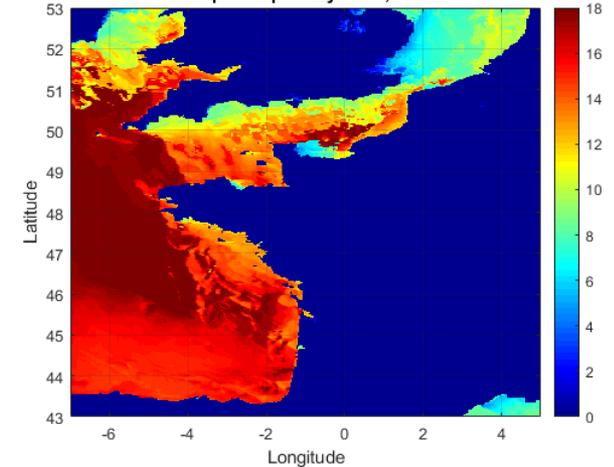
Mean period total Sea, t = 393



Mean period wind sea, t = 393

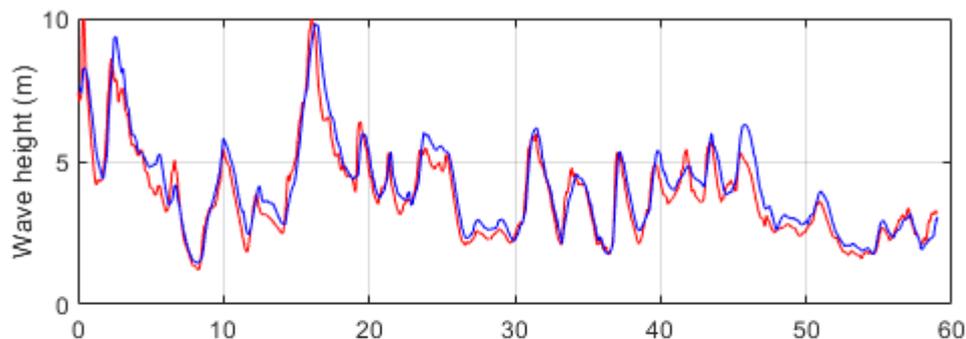


Mean period primary swell, t = 393



Те же проблемы, что и для высот,
но БОЛЬШИЕ количественные различия

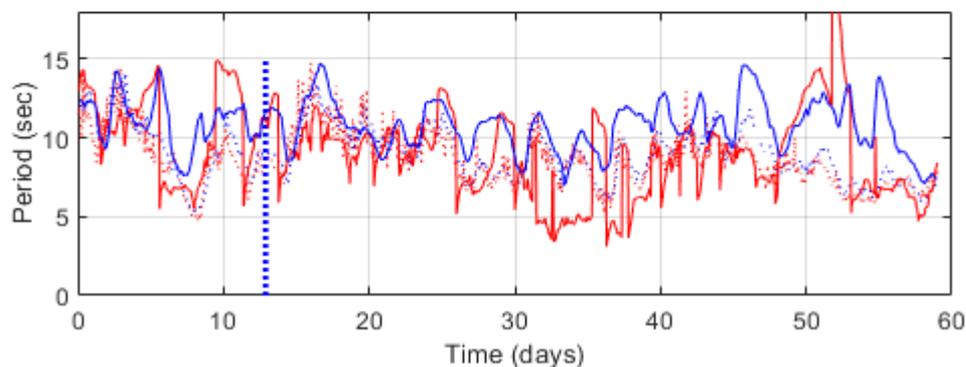
Волнение в точке. CMEM vs MFWAM



CMEM – синий

MFWAM – red

Пунктир –
аналитическая оценка
по высоте волнения

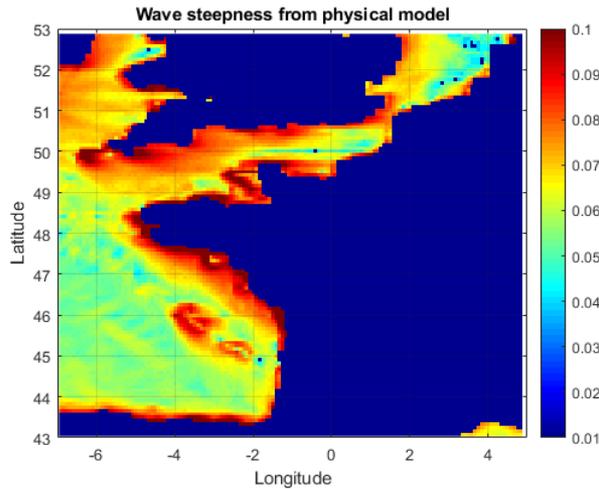


$$\mu = 0.596 |\nabla H_s|^{1/5}$$

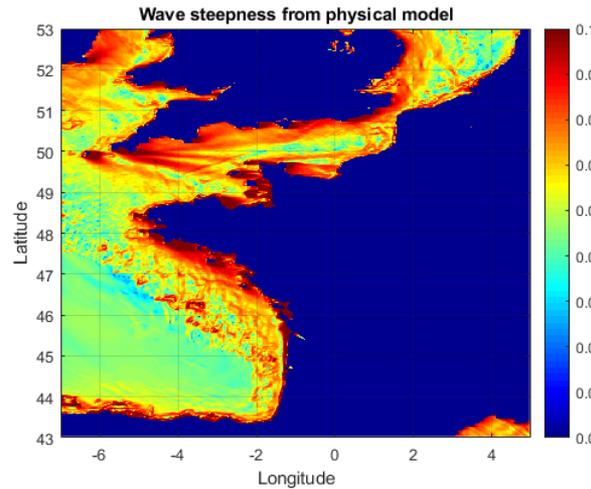
Разрешение сильно влияет на периоды
Аналитические оценки согласуются лучше, чем
модельные расчеты периодов

Оценки крутизны

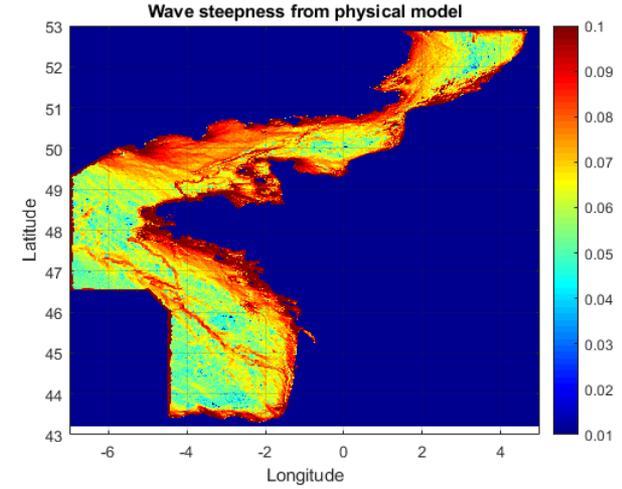
CMEMS



MFWAM



WW3 (1 km)

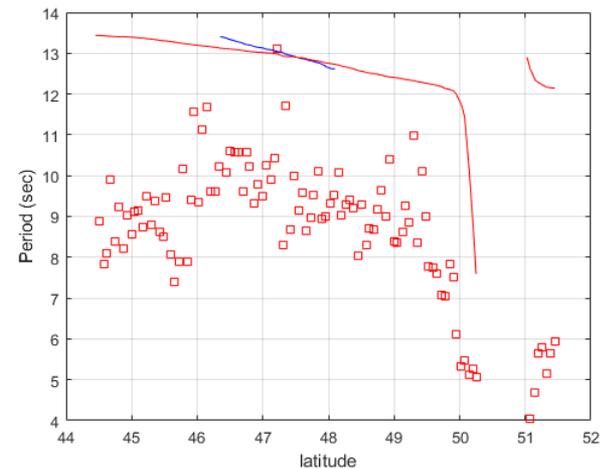
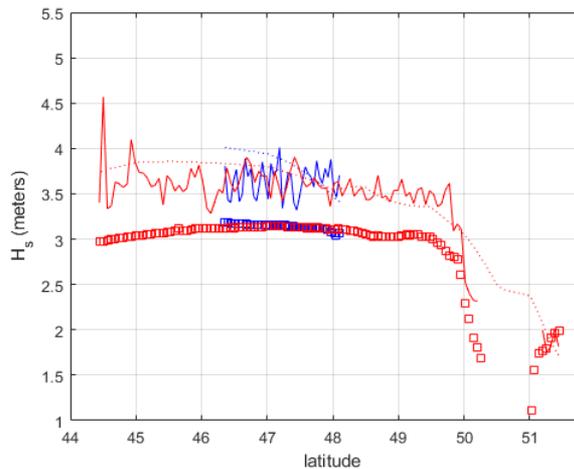
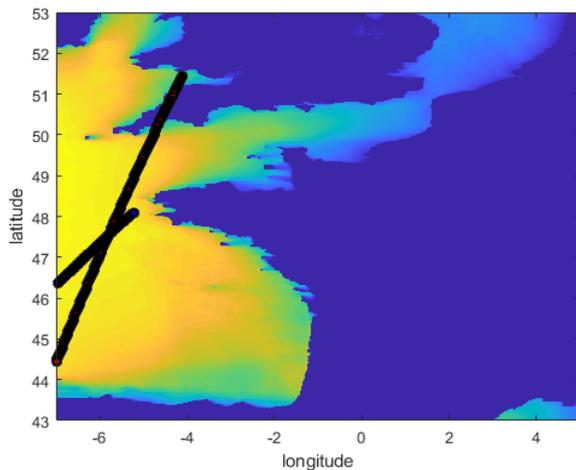


Обычно смотрят высоту и период.

Крутизна дает гораздо более богатую картину:
«струи крутизны»

Измерения альтиметров

Jason-3 – Saral/AltiKa



Альтиметры видят осцилляции высот на масштабах 20-40 км, в моделях осцилляции слабее и на меньших масштабах

Выводы

- Аналитические оценки крутизн и периодов показывают качественное и количественное соответствие со всеми моделями. Для WW3 видна существенная недооценка периодов
- По-видимому, разрешение 1км для моделей избыточно
- Стандартное разрешение альтиметров 1 сек неплохо отражает динамику волнения, работы с более высоким разрешением – ближайшая перспектива