

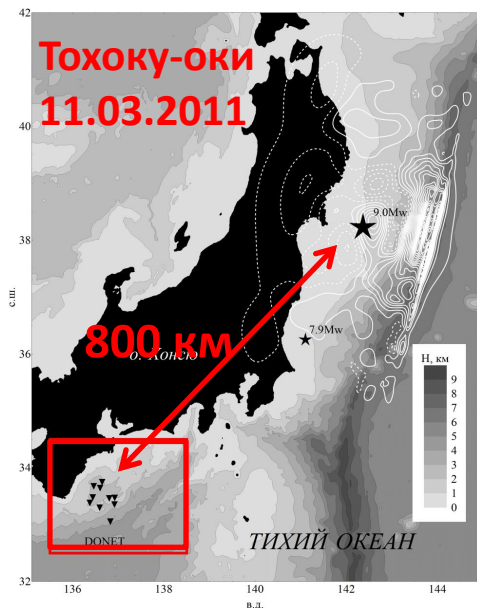
# ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ НА ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ, ВОЗБУЖДАЕМЫЕ ЕЙ В ОКЕАНЕ

Семенцов К.А., Колесов С.В.,  
Нурисламова Г.Н., Носов М.А.



**2020/11/17**

# Регистрация эффекта

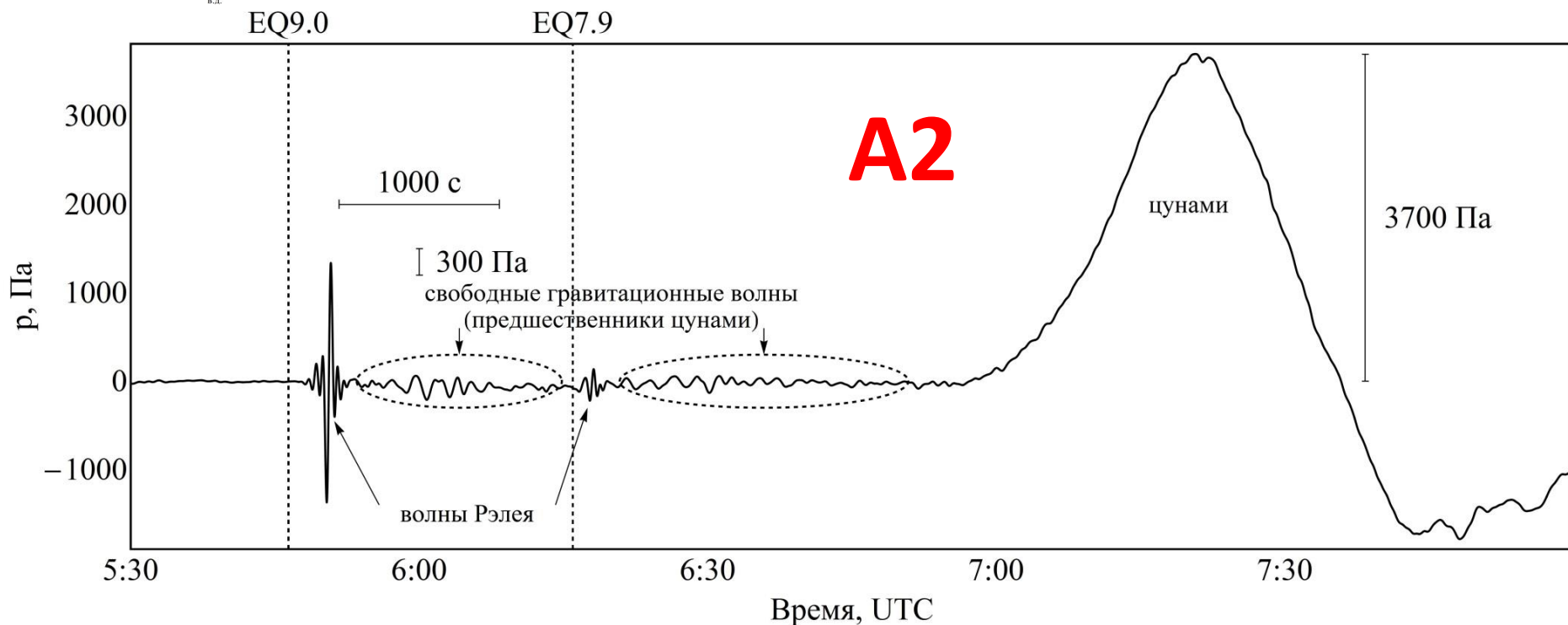


OBS (200 Hz) + PG (10 Hz)

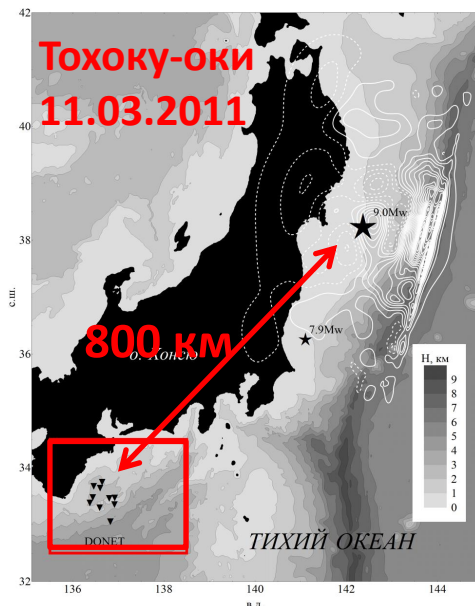
Глубины: 1900 - 3500 м

Расстояние между станциями: 15 - 20 км

11.03.2011 – функционировали 10 станций



# Численное воспроизведение эффекта

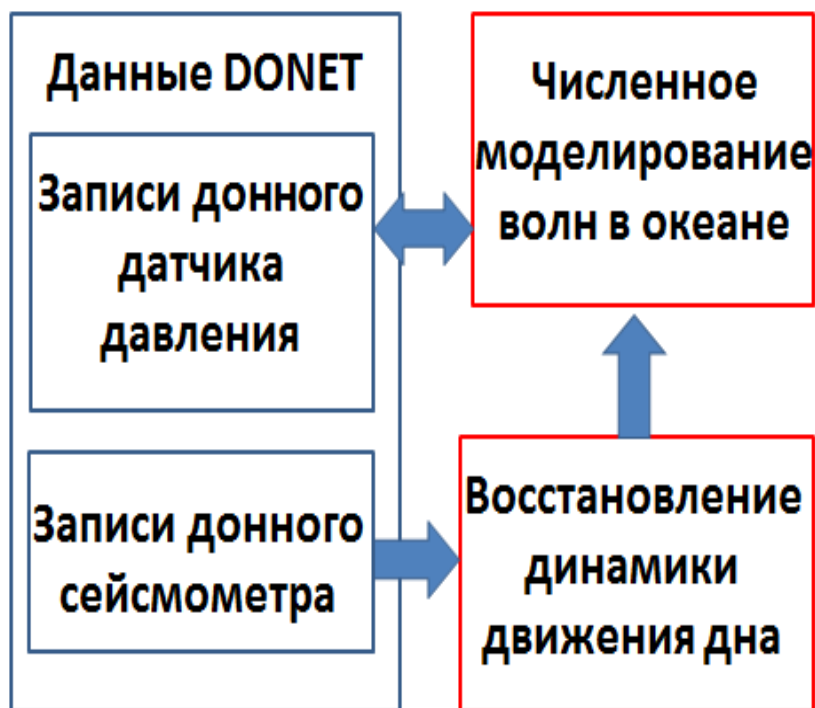


OBS (200 Hz) + PG (10 Hz)

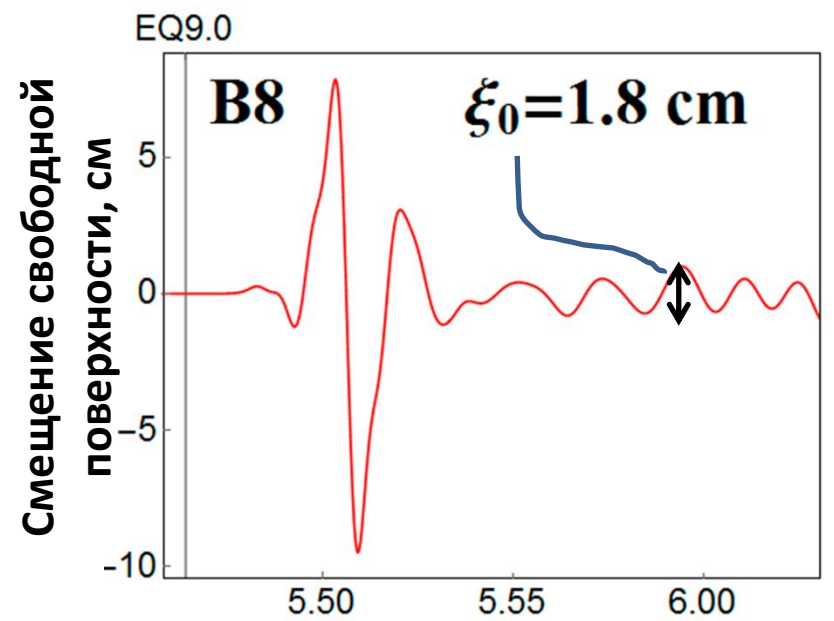
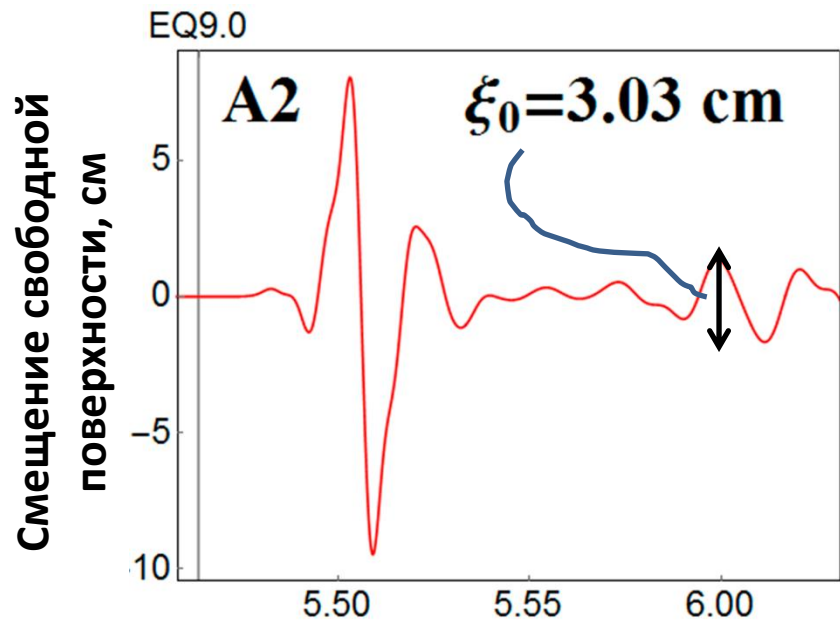
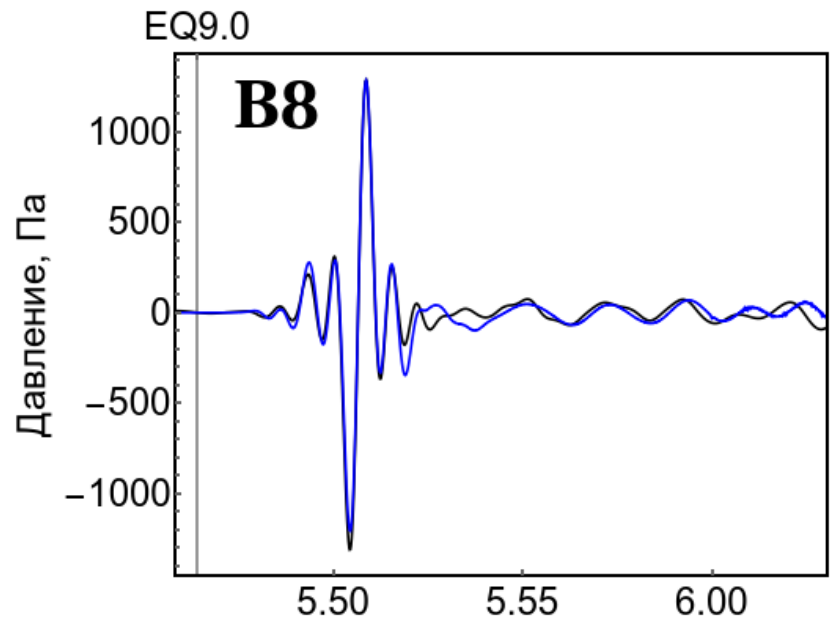
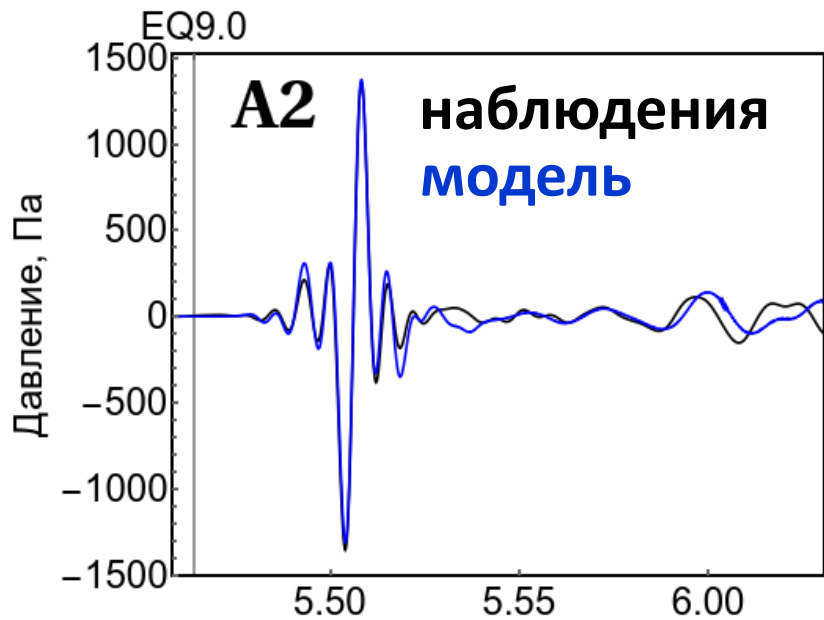
Глубины: 1900 - 3500 м

Расстояние между станциями: 15 - 20 км

11.03.2011 – функционировали 10 станций



# Численное воспроизведение эффекта





# Механизм генерации

Волна Лява:  
( $U_{XL}, U_{YL}$ )

Волна Рэлея:  
( $U_{XR}, U_{YR}, U_Z$ )

$v_L \approx 3.9$  км/с

$v_R \approx 3.7$  км/с

$$U_X = U_{XL} + U_{XR}$$

$$U_Y = U_{YL} + U_{YR}$$

$$\vec{U} = (U_X, U_Y, U_Z)$$

# Механизм генерации

**B5**

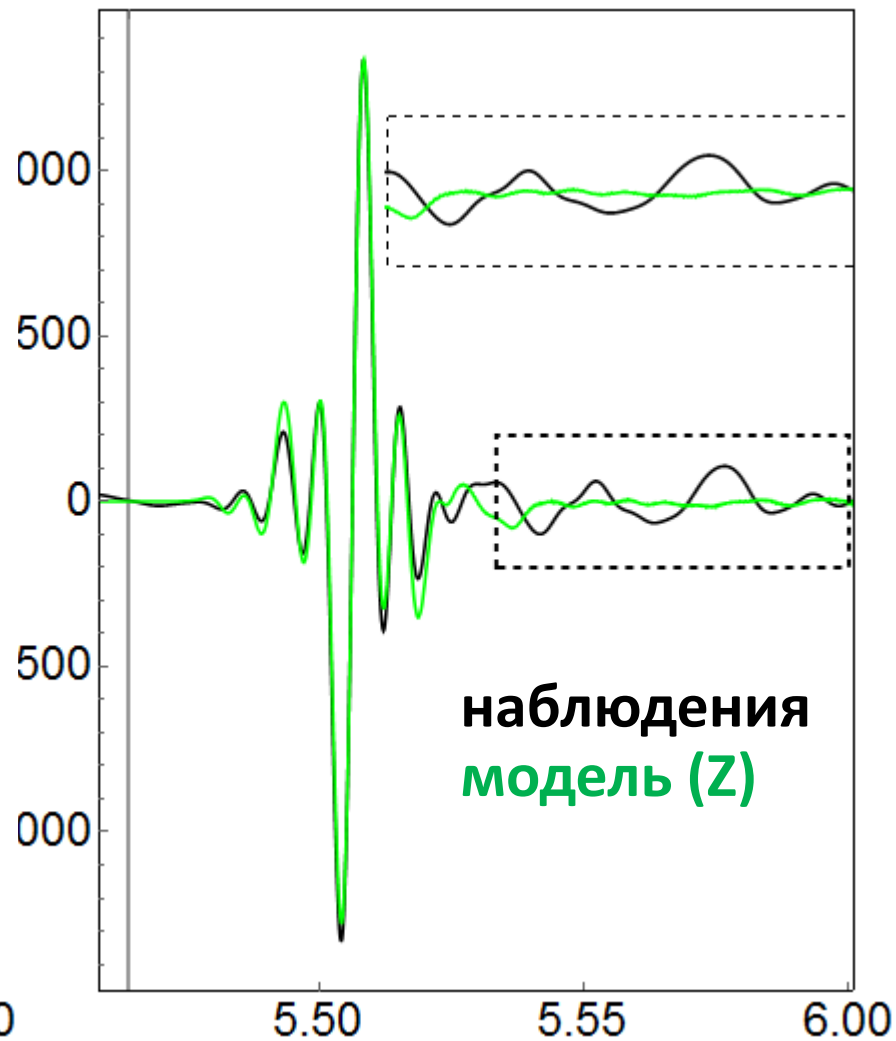
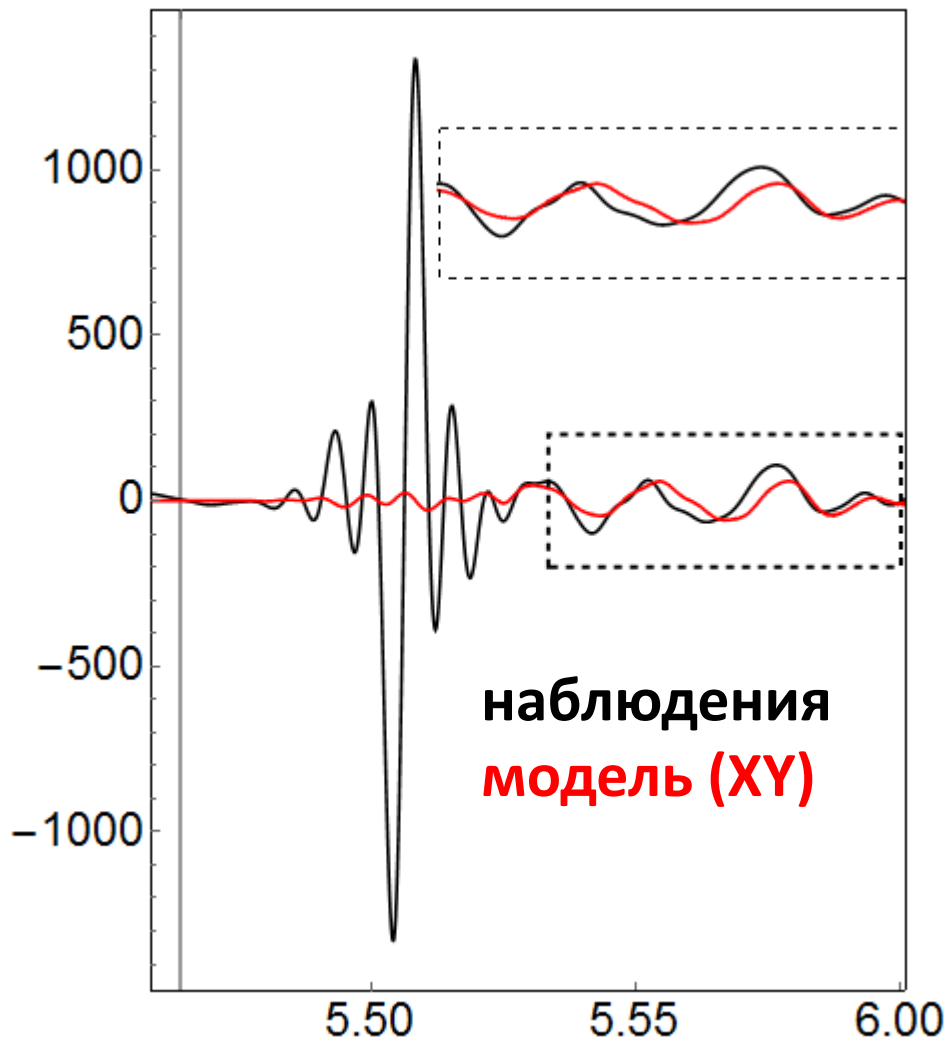
$$\vec{U} = (U_X, U_Y, U_Z)$$

EQ9.0

$$\vec{U} = (U_X, U_Y, U_Z)$$

EQ9.0

Давление, Па



# Механизм генерации

1. Генерация гравитационных волн происходит над подводными склонами
2. Основной вклад в генерацию гравитационных волн вносят горизонтальные, а не вертикальные движения подводных склонов

Вопрос о том, почему **вертикальная** компонента сейсмической волны **не возбуждает** заметных гравитационных волн ни на ровном дне ни даже при прохождении подводного склона подробно рассмотрен в работах:

Носов и др., Доклады Академии Наук 2015

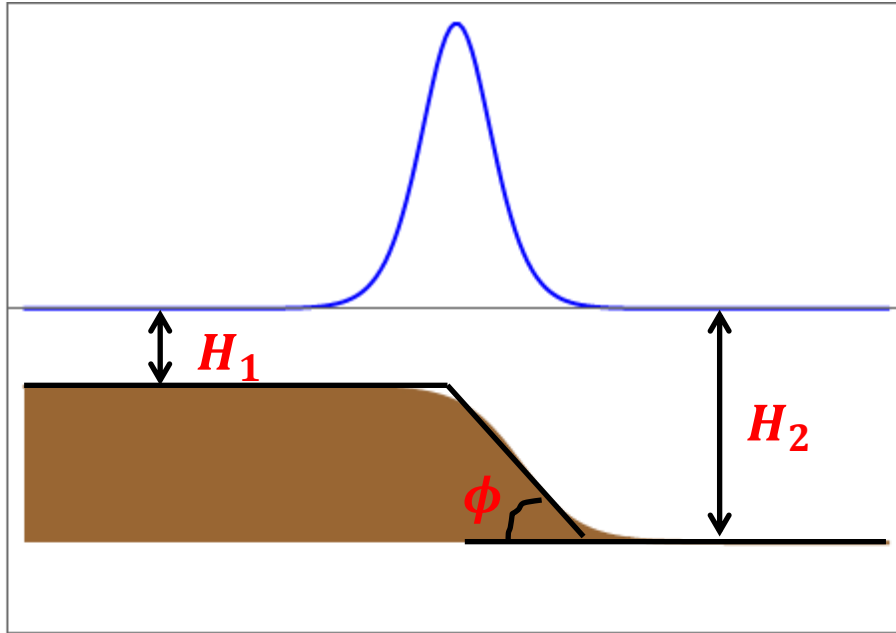
Семенцов и др., Вестник Московского Университета 2017

Семенцов и др., Ученые Записки Физического Факультета МГУ 2017, 2018

Sementsov et al., Journal of Geophysical Research: Oceans 2019



# Механизм генерации



Эффективность генерации гравитационных волн зависит от параметров склона и параметров сейсмической волны

Параметры склона:

$H_1, H_2, \phi$

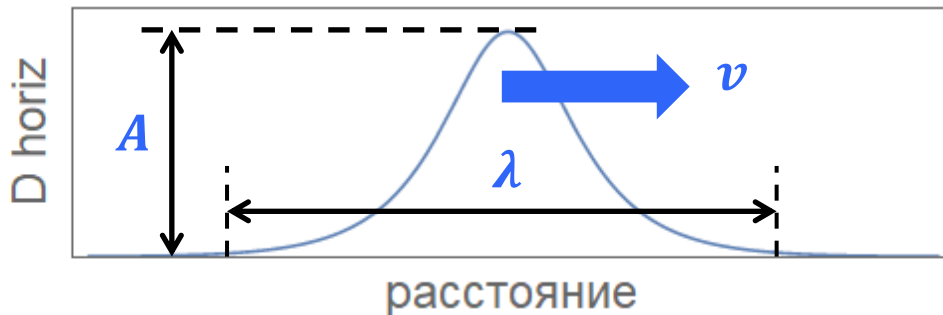
Параметры волны:

$A, \lambda, v,$

$T = \lambda/v$

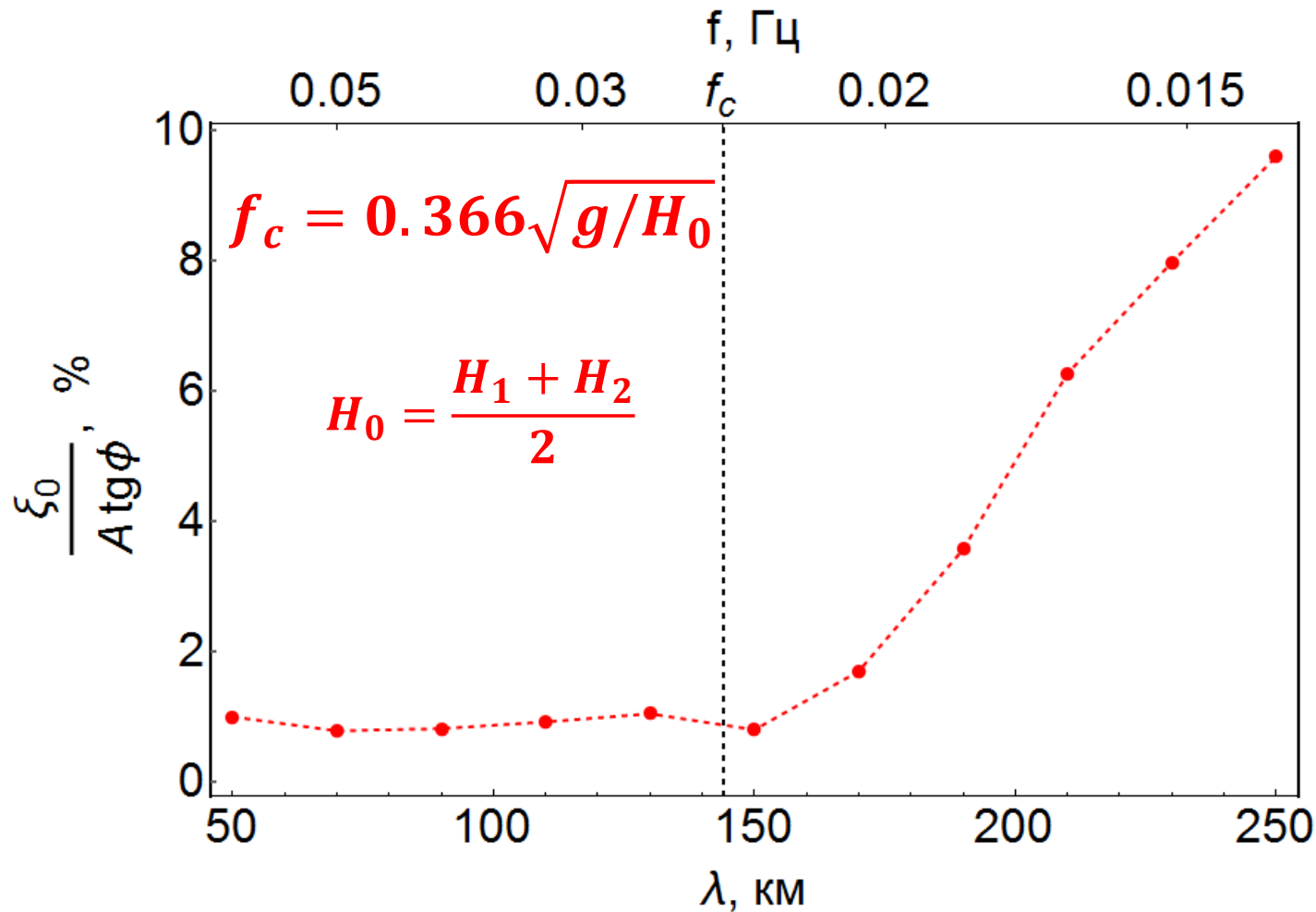
3D: угол падения на склон

$$D_{horiz}(x, t) = \frac{A}{ch(\beta(\lambda) * (x - vt))}$$



# Механизм генерации: влияние длины волны

Один и тот же склон, разные  $\lambda = 50 \div 250$  км

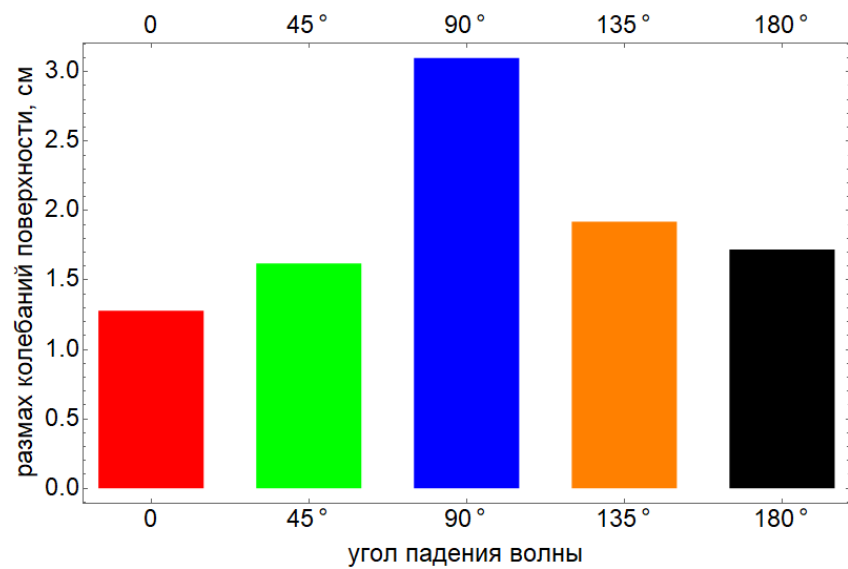
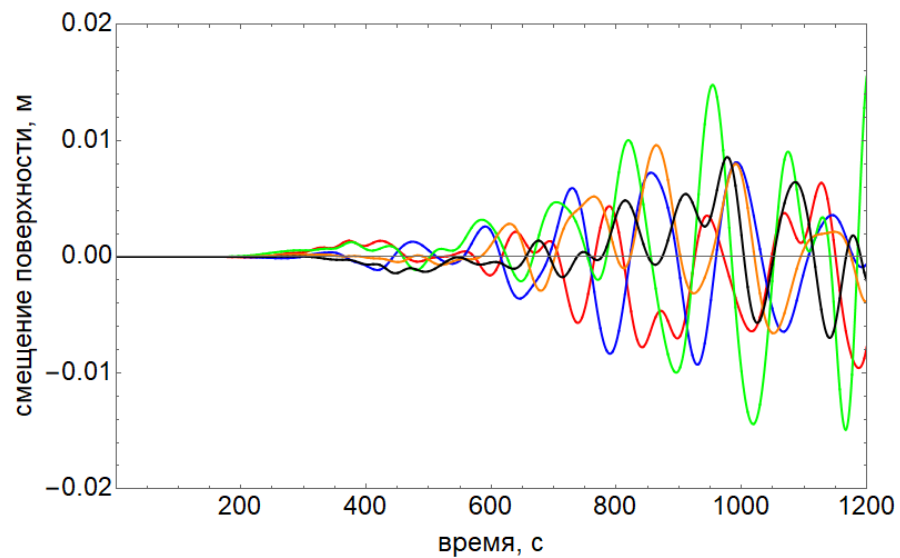
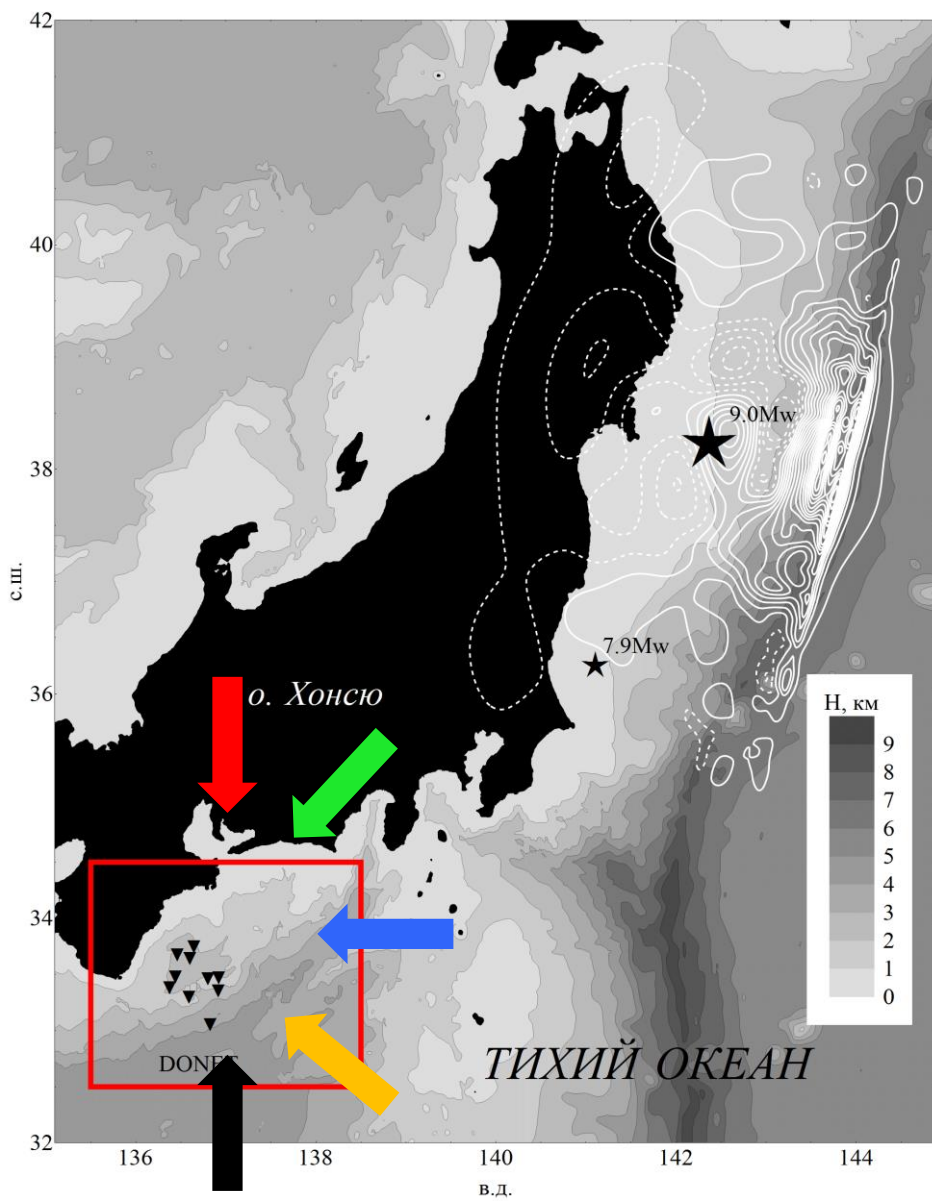


[Носов, 2000; Левин, Носов, 2016]

# Механизм генерации

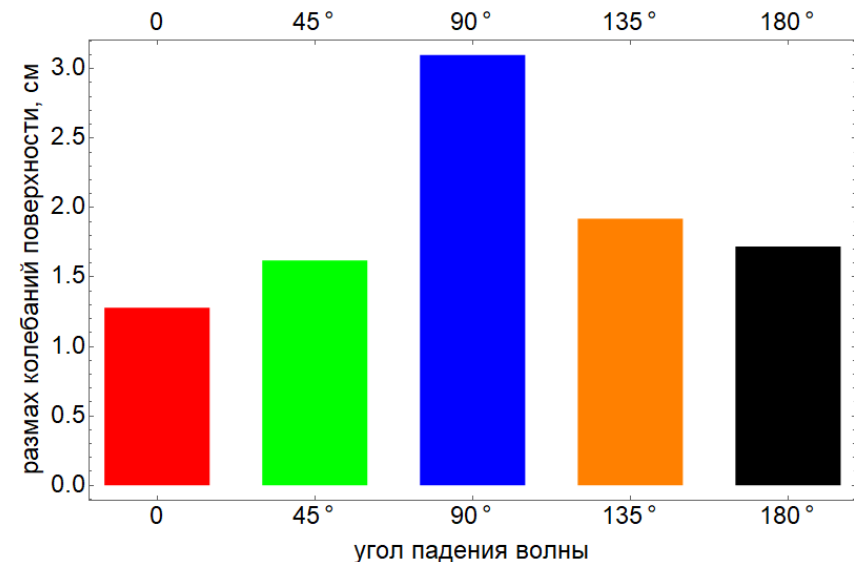
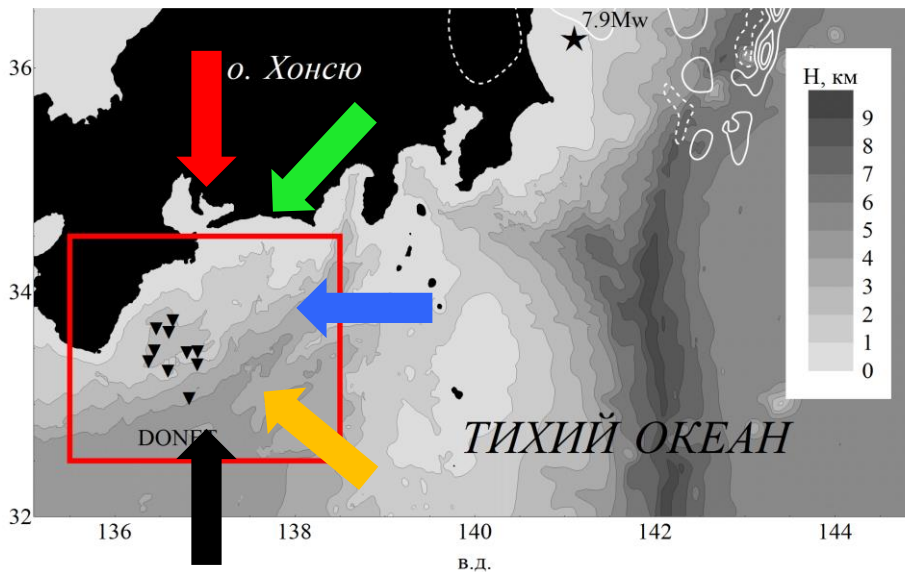
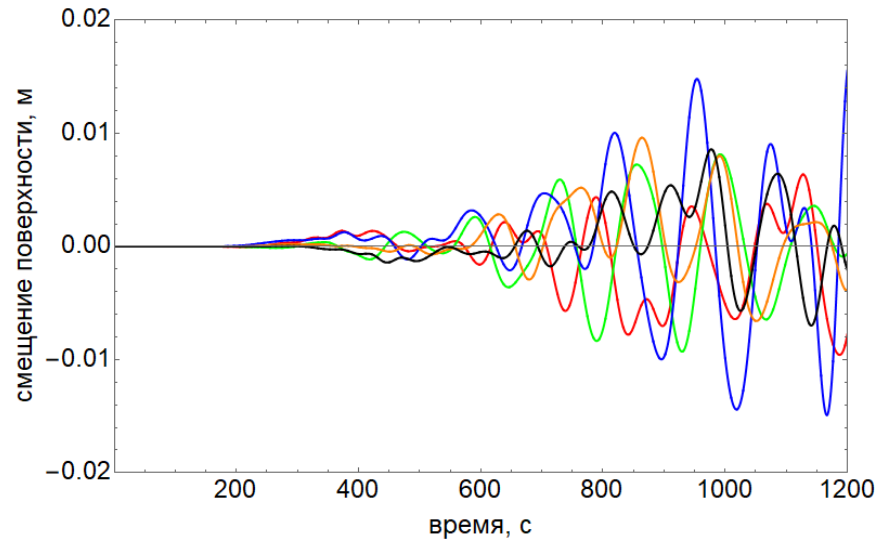
1. Генерация гравитационных волн происходит над подводными склонами
2. Основной вклад в генерацию гравитационных волн вносят горизонтальные, а не вертикальные движения подводных склонов
3. Чем больше длина сейсмической волны, тем больше амплитуда возбуждаемых гравитационных волн. Существует минимальная длина сейсмической волны, при которой возможна генерация гравитационных волн. Она определяется глубиной расположения подводного склона

# Влияние направления сейсмической волны

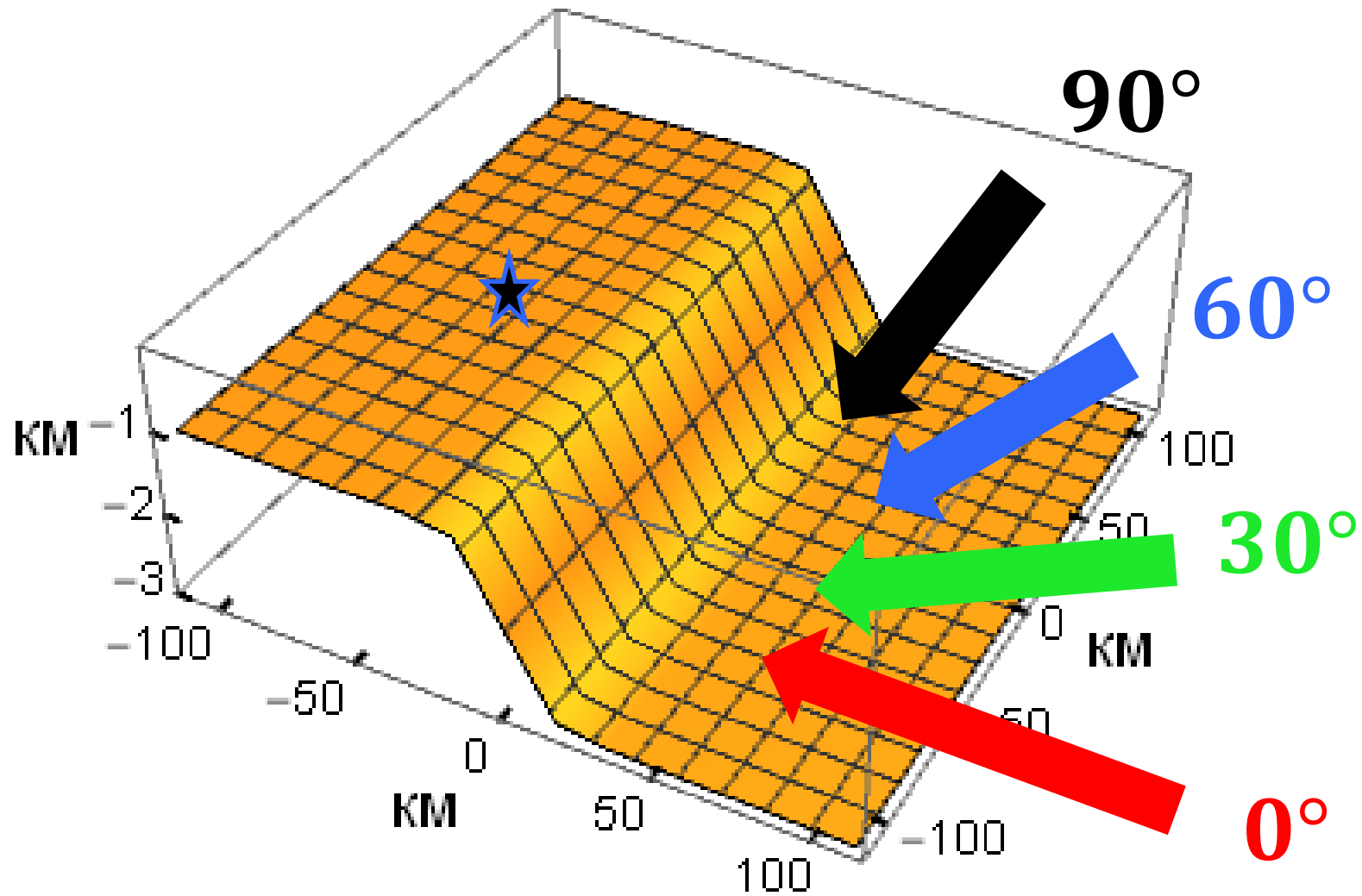


# Влияние направления сейсмической волны

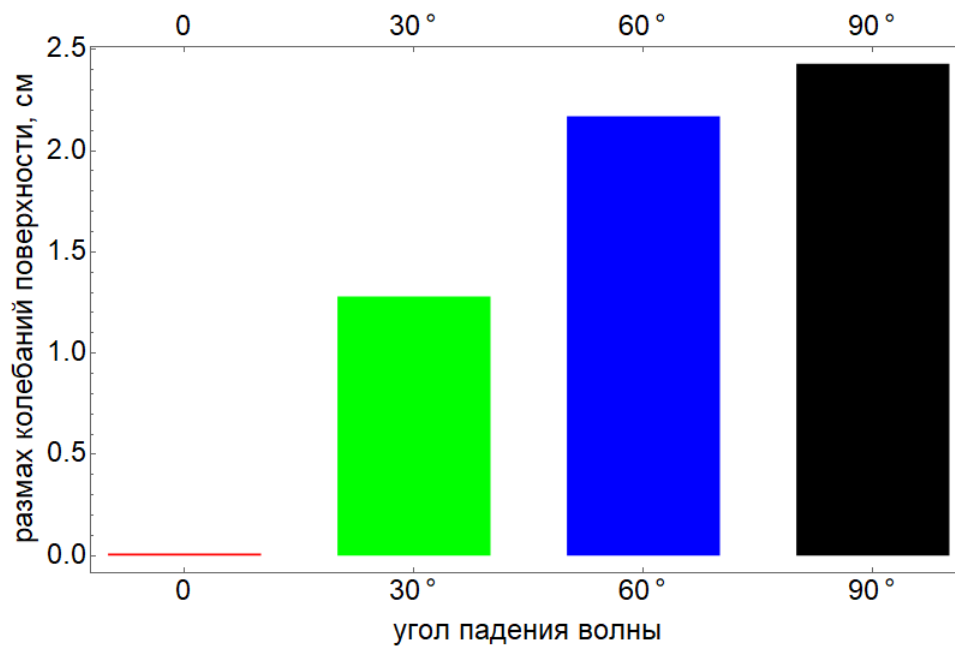
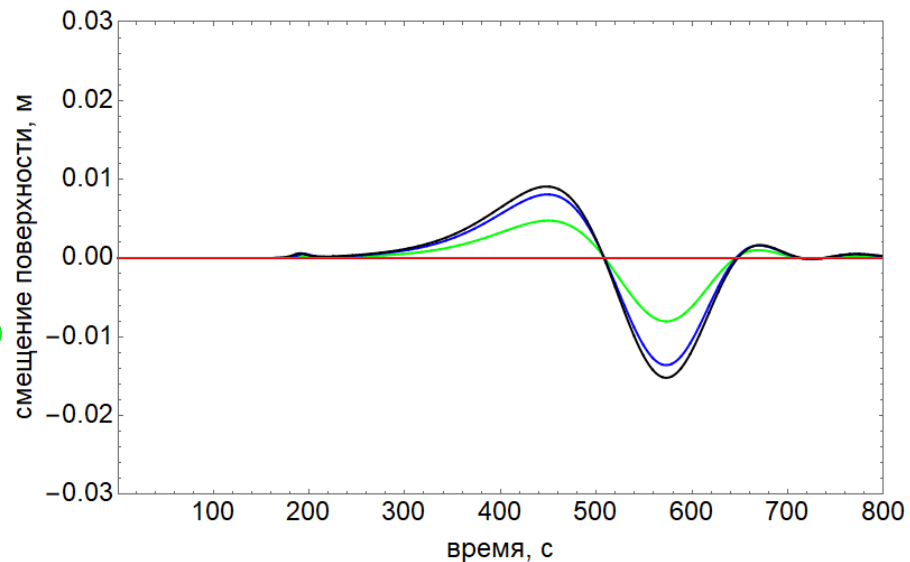
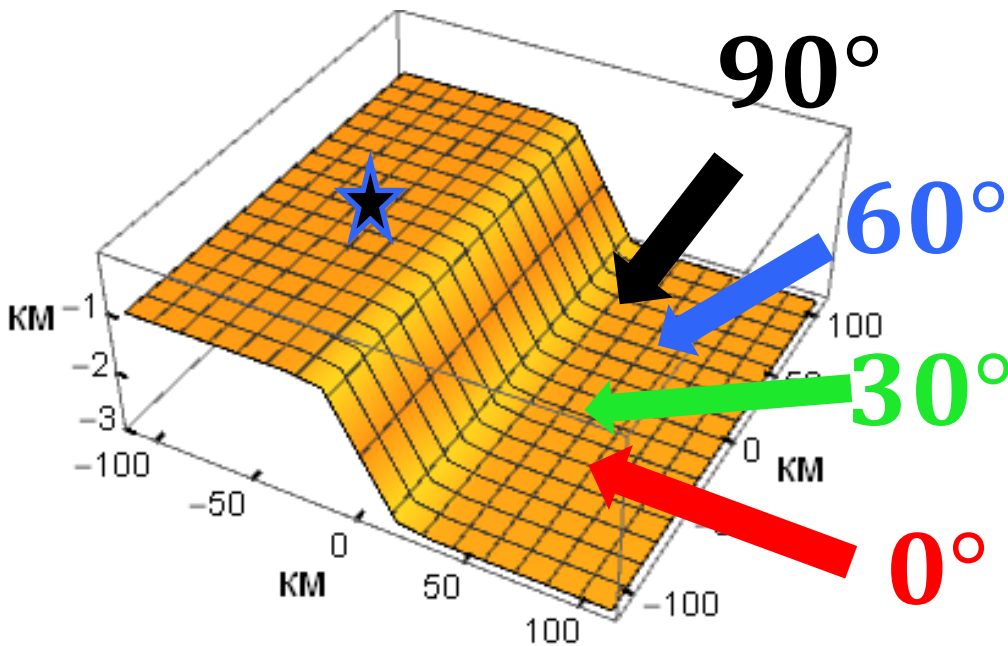
На одном и том же рельефе сейсмическая волна одной и той же амплитуды возбуждает гравитационные волны, амплитуда которых отличается в **2.5 раза** (в зависимости от направления распространения сейсмической волны) !!!



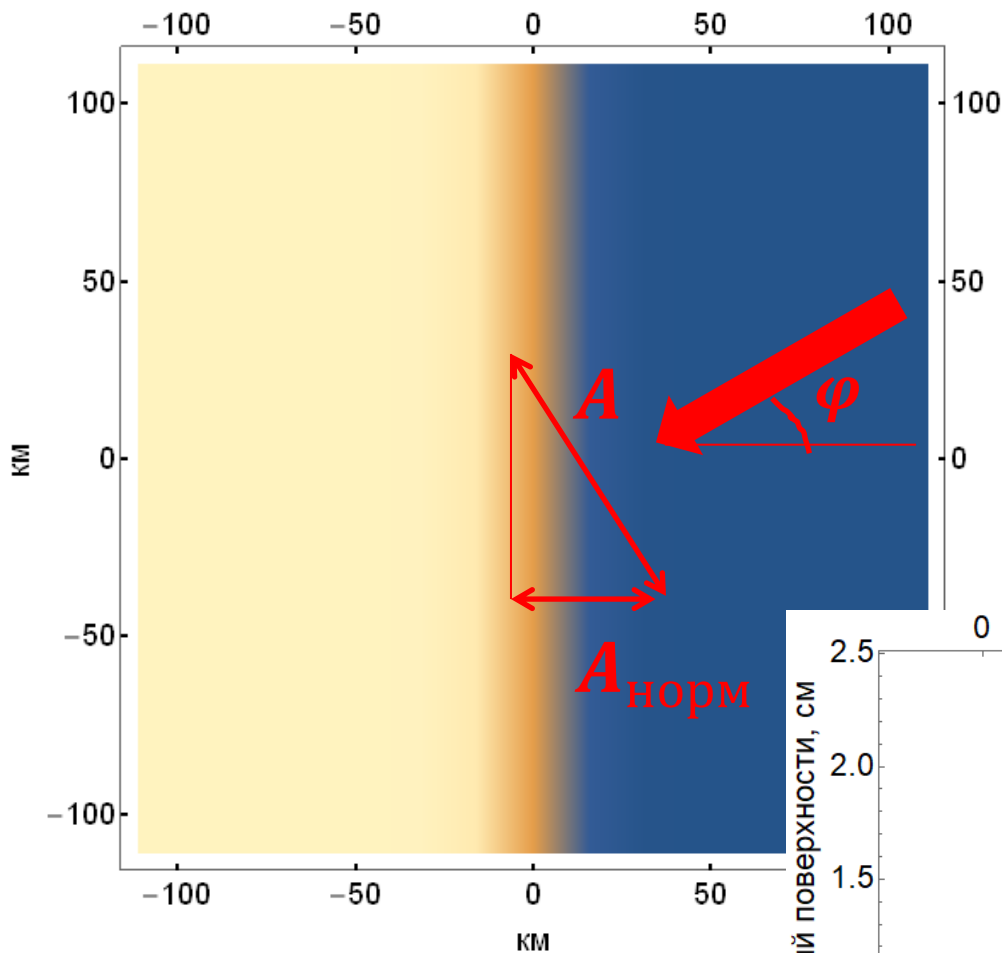
# Влияние направления сейсмической волны



# Влияние направления сейсмической волны



# Влияние направления сейсмической волны



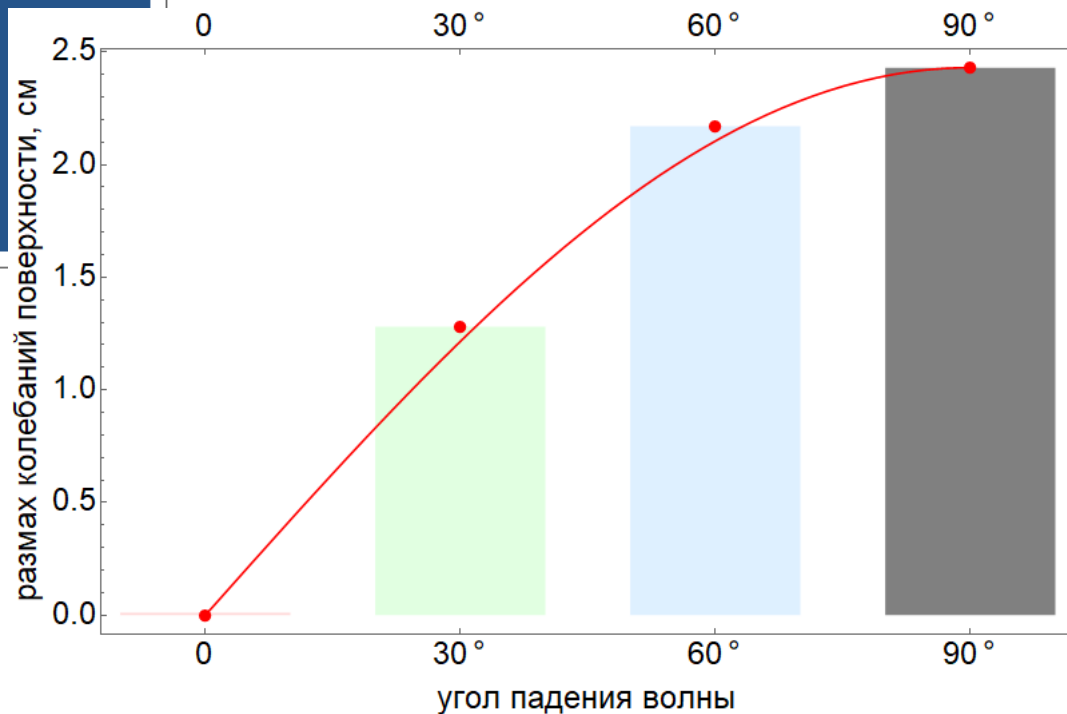
$A$  – амплитуда сейсмической волны

$A_{\text{норм}}$  – амплитуда нормальных колебаний склона

$$A_{\text{норм}} = A \sin \varphi$$

$T_{\text{норм}}$  – продолжительность нормальных колебаний склона

$$T_{\text{норм}} = T \cos \varphi$$

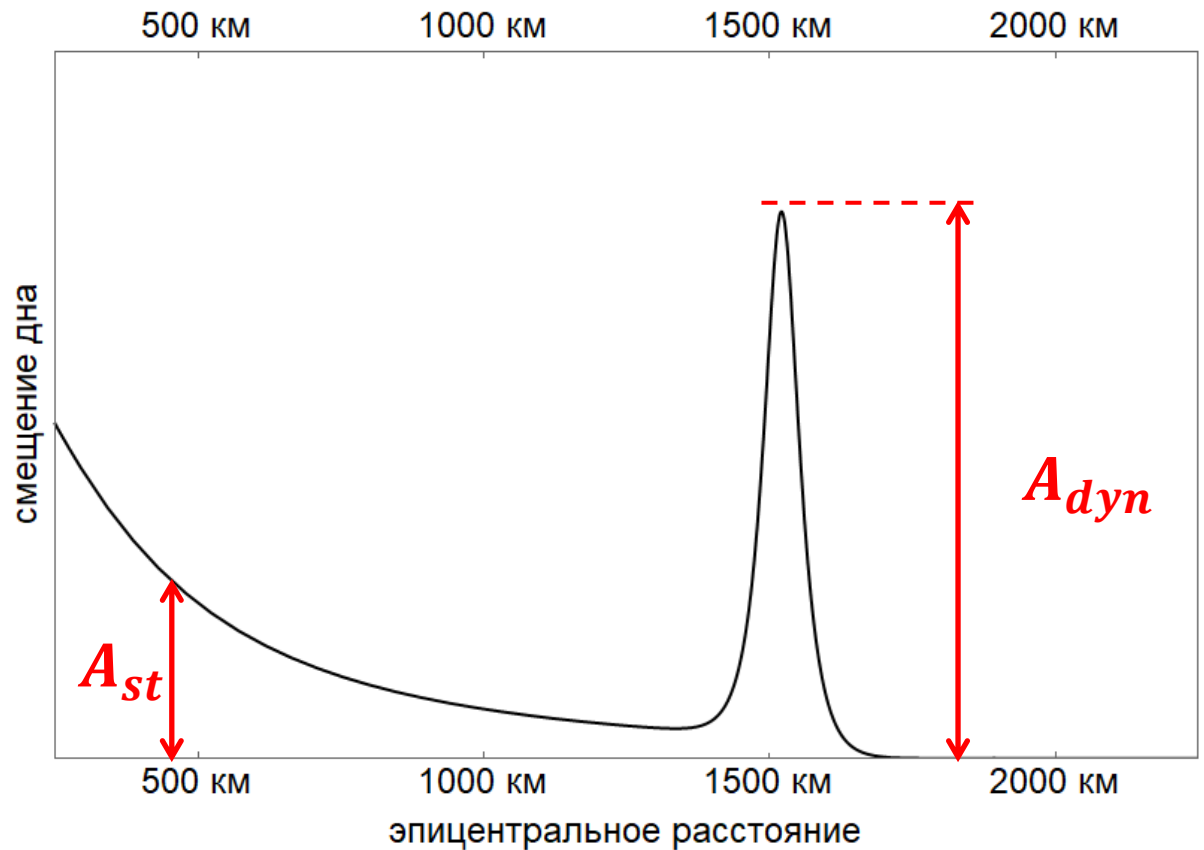
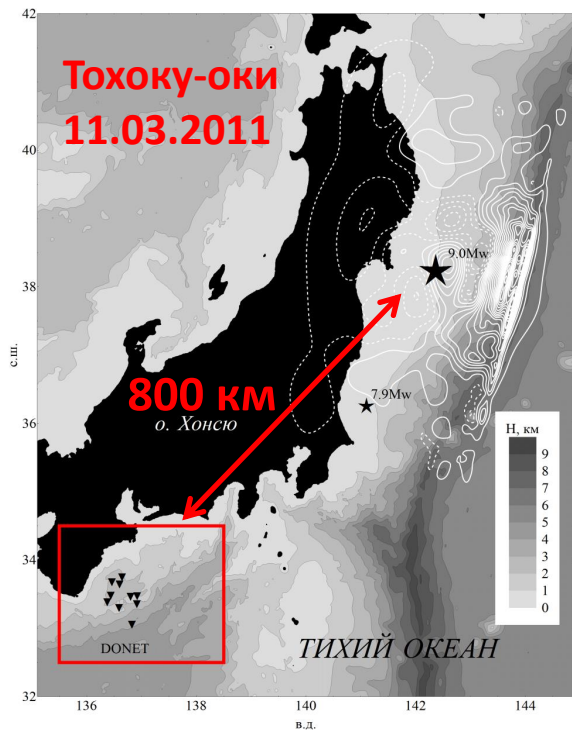




# Механизм генерации

1. Генерация гравитационных волн происходит над подводными склонами
2. Основной вклад в генерацию гравитационных волн вносят горизонтальные, а не вертикальные движения подводных склонов
3. Чем больше длина сейсмической волны, тем больше амплитуда возбуждаемых гравитационных волн. Существует минимальная длина сейсмической волны, при которой возможна генерация гравитационных волн. Она определяется глубиной расположения подводного склона
4. **Взаимная ориентация направления распространения сейсмической волны и подводного склона оказывает существенное влияние на амплитуды возбуждаемых гравитационных волн. Наиболее эффективно их генерация происходит, когда склон колеблется по нормали**

# Эпицентральное расстояние и амплитуда



Тохоку-оки,  
регион DONET:

$$A_{st} \sim \frac{1}{r^2}$$

$$A_{dyn} \sim \frac{1}{\sqrt{r}}$$

$$A_{dyn} \approx 27.9 \text{ см}$$

$$A_{st} \approx 3.9 \text{ см}$$

[Aki and Richards, 1981; Okada, 1995]

# Механизм генерации

1. Генерация гравитационных волн происходит над подводными склонами
2. Генерация гравитационных волн происходит преимущественно при горизонтальных, а не вертикальных движениях подводных склонов
3. Чем больше длина сейсмической волны, тем больше амплитуда возбуждаемых гравитационных волн. Существует минимальная длина сейсмической волны, при которой возможна генерация гравитационных волн. Она определяется глубиной расположения подводного склона
4. Взаимная ориентация направления распространения сейсмической волны и подводного склона оказывает существенное влияние на амплитуды возбуждаемых гравитационных волн. Наиболее эффективно их генерация происходит, когда склон колеблется по нормали
5. Генерация гравитационных волн поверхностными сейсмическими волнами возможна на значительно больших эпицентральных расстояниях, чем генерация цунами

***Спасибо за внимание!***