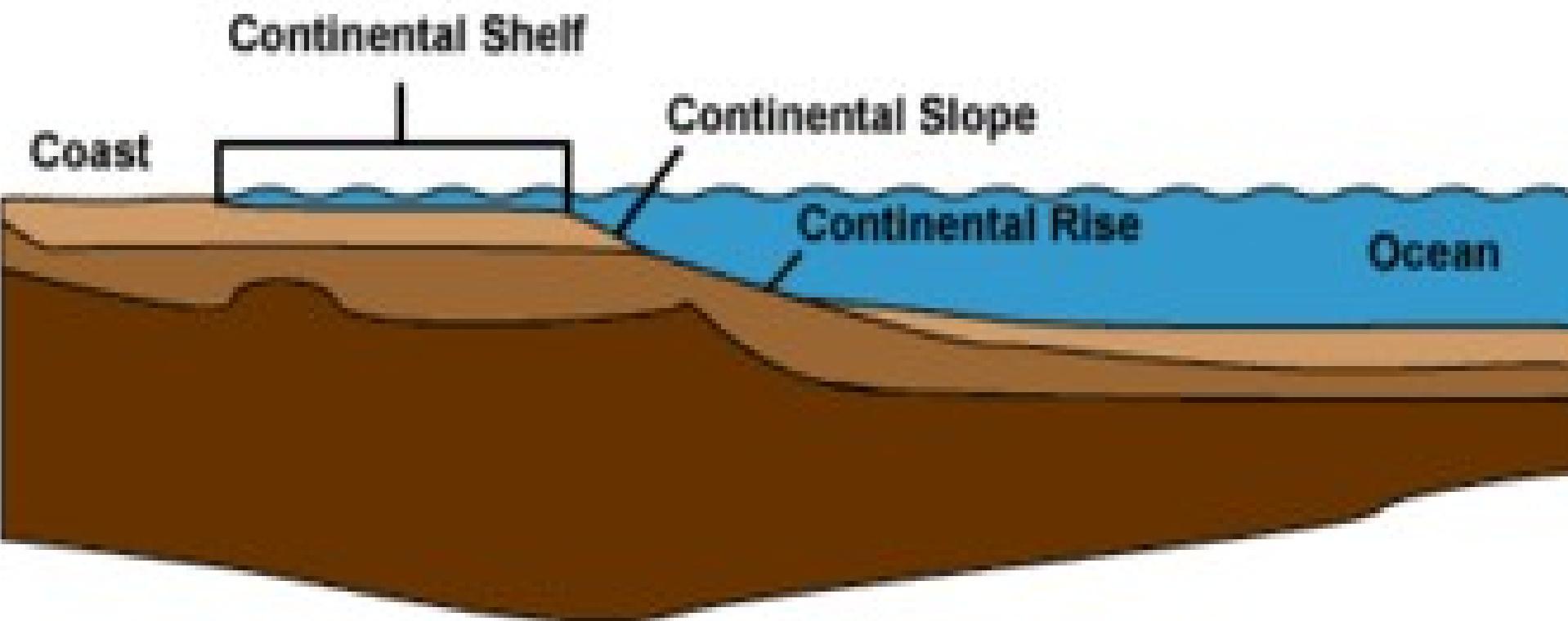


Базовая кафедра МФТИ  
**Информационные  
технологии освоения шельфа**



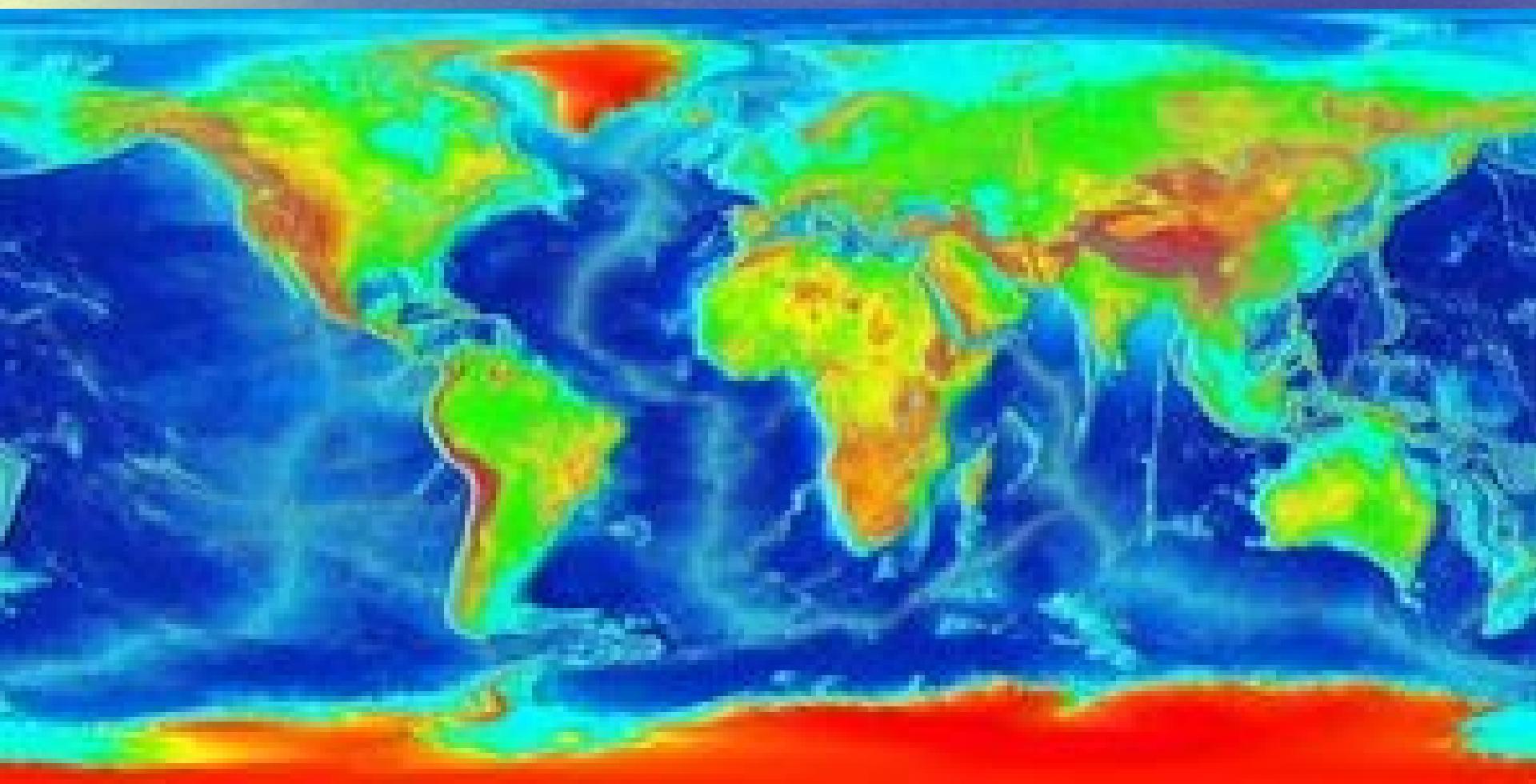
**Российская академия наук  
Институт океанологии  
им. П.П. Ширшова**

**Шельф** (от англ. *shelf* – полка) – выровненная область подводной окраины материка, примыкающая к суше и характеризующаяся общим с ней геологическим строением.



# Шельфовые зоны на карте Мира

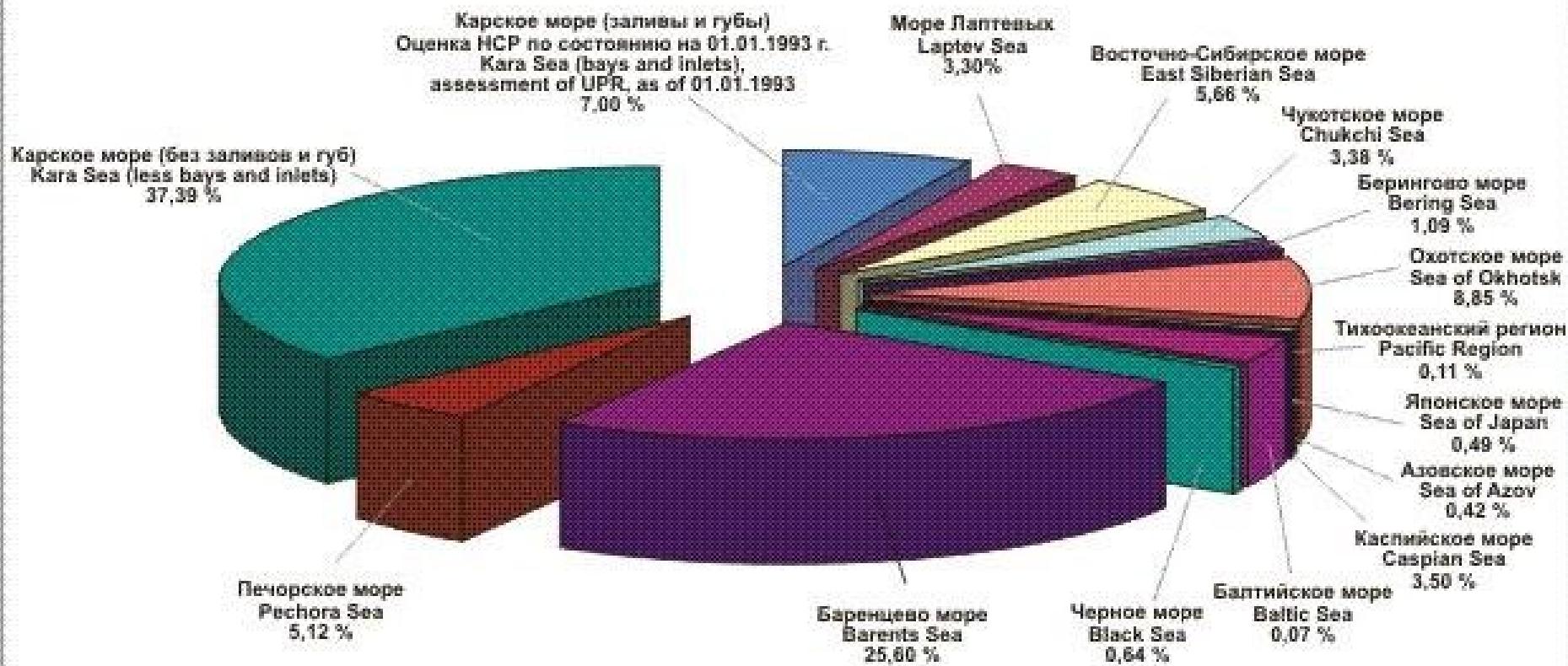
(выделены светло-голубым цветом)



# НЕФТЕГАЗОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА

Рис. 1. Распределение НСР УВ в недрах морей России

Fig. 1. Distribution of HC UPR in Russia's seas



# Институт океанологии РАН

<http://www.ocean.ru/>

## Направления исследований

- **Физическое** — гидрология, гидрофизика, оптика, акустика, движение вод, взаимодействие океан — атмосфера — континенты.
- **Биологическое** — экология, биопродуктивность, промысловые популяции, функционирование морских экосистем, сохранение биоразнообразия.
- **Геологическое** — минеральные ресурсы, палеоокеанология, глобальная тектоника, геофизика, строение и эволюции морского дна, геофизических полей и процессов.

# **Направления исследований (продолжение)**

- **Химическое** — биогеохимия, состояние морской воды, состав элементов экосистем, биогеохимическая эволюция.
- **Морская техника** — технические средства изучения океана, информатика, средства долговременного наблюдения, распределенные сети.
- **Подводные исследования** - глубоководные подводные аппараты «Мир» базируются на борту научно исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш». Известны по фильму «Титаник». Способны погружаться на глубину более шести километров.

# **Филиалы и отделения Института океанологии РАН**

- Атлантическое отделение  
(г. Калининград)
- Южное отделение (г. Геленджик)
- Санкт-Петербургский филиал
- Северо-Западное отделение  
(г. Архангельск)
- Каспийский филиал (г. Астрахань)

# Научно-исследовательский флот Института океанологии РАН



НИС «Академик Сергей  
Вавилов»



НИС «Академик Иоффе»



НИС «Академик Мстислав Келдыш»



НИС «Профессор Штокман»



НИС «Рифт»



НИС «Акванавт»

# Подводный аппарат «Мир»

## Основные характеристики

- Запас энергообеспечения 100 КВтч
- Запас плавучести 290 кг
- Скорость (подводная) 5 узлов
- Рабочая глубина погружения 6000 м
- Экипаж 3 чел.
- Запас жизнеобеспечения 246 челч





Погружение  
подводного аппарата  
«Мир» на Северном  
полясе







# Прикладные исследования ИО РАН

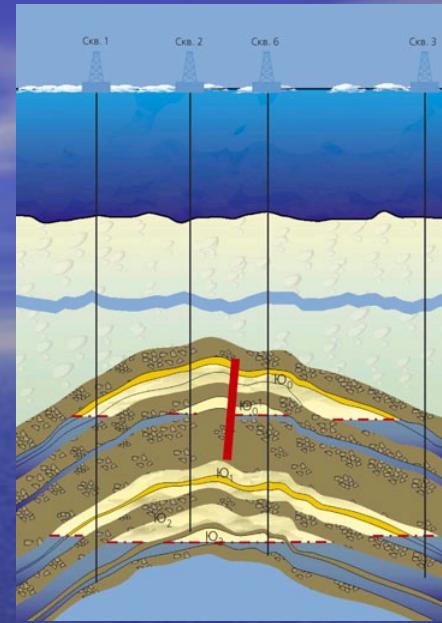
## Крупные проекты в окраинных морях России.

- Штокмановское и Приразломное месторождения в Баренцевом море (Росшельф, Севморнефтегаз)
- Нефтяной терминал Чёрном море. Проекты «Сахалин-1» и «Сахалин-2»
- Подводный газопровод «Голубой поток» в Чёрном море (Газпром).
- Северо-Европейский газопровод (Питергаз)
- и др.



## Штокмановское месторождение

В 6-м рейсе НИС “Профессор Штокман” (1981 г.) в Баренцевом море была выявлена антиклинальная структура в юрских отложениях, которая была названа Штокманской. С этой структурой оказалось связано одноименное гигантское газоконденсатное месторождение на Арктическом шельфе.



Месторождение состоит из четырёх пластов.

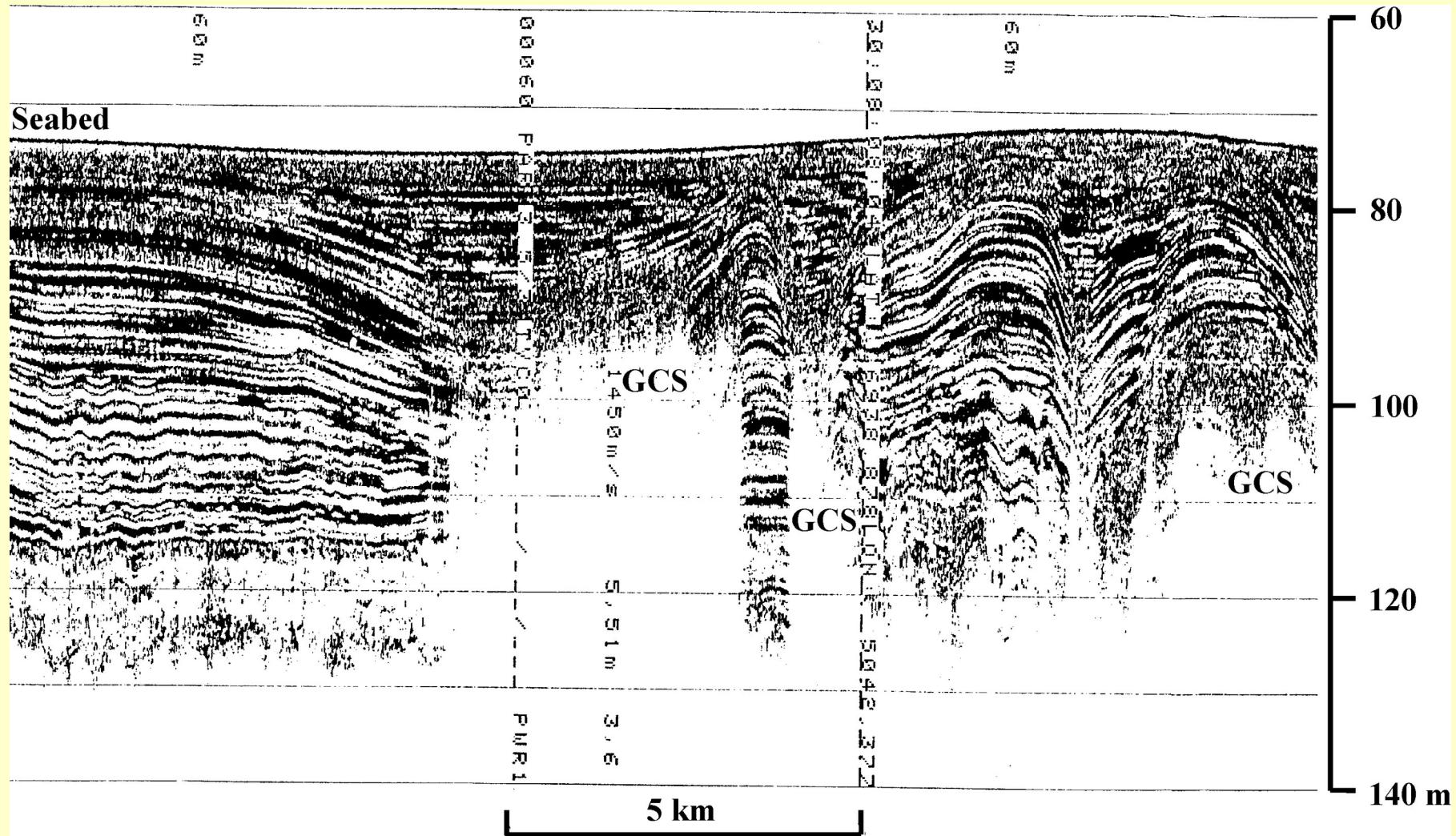
Геологические запасы газа - 3,2 трлн. куб.м

Геологические запасы конденсата 31 млн.т.

Глубина залегания 1900-2300 м

**БАРЕНЦЕВО МОРЕ**  
**Инженерно-экологические изыскания под строительство**  
**объектов обустройства Приразломного нефтяного**  
**месторождения**  
**НИС «Профессор Штокман» 2003 г.**





Фрагмент записи профилографа “PARASOUND”, иллюстрирующий газонасыщенные осадки (GCS) в Баренцевом море

# Глубокая борозда на дне (первичная запись ГБО)

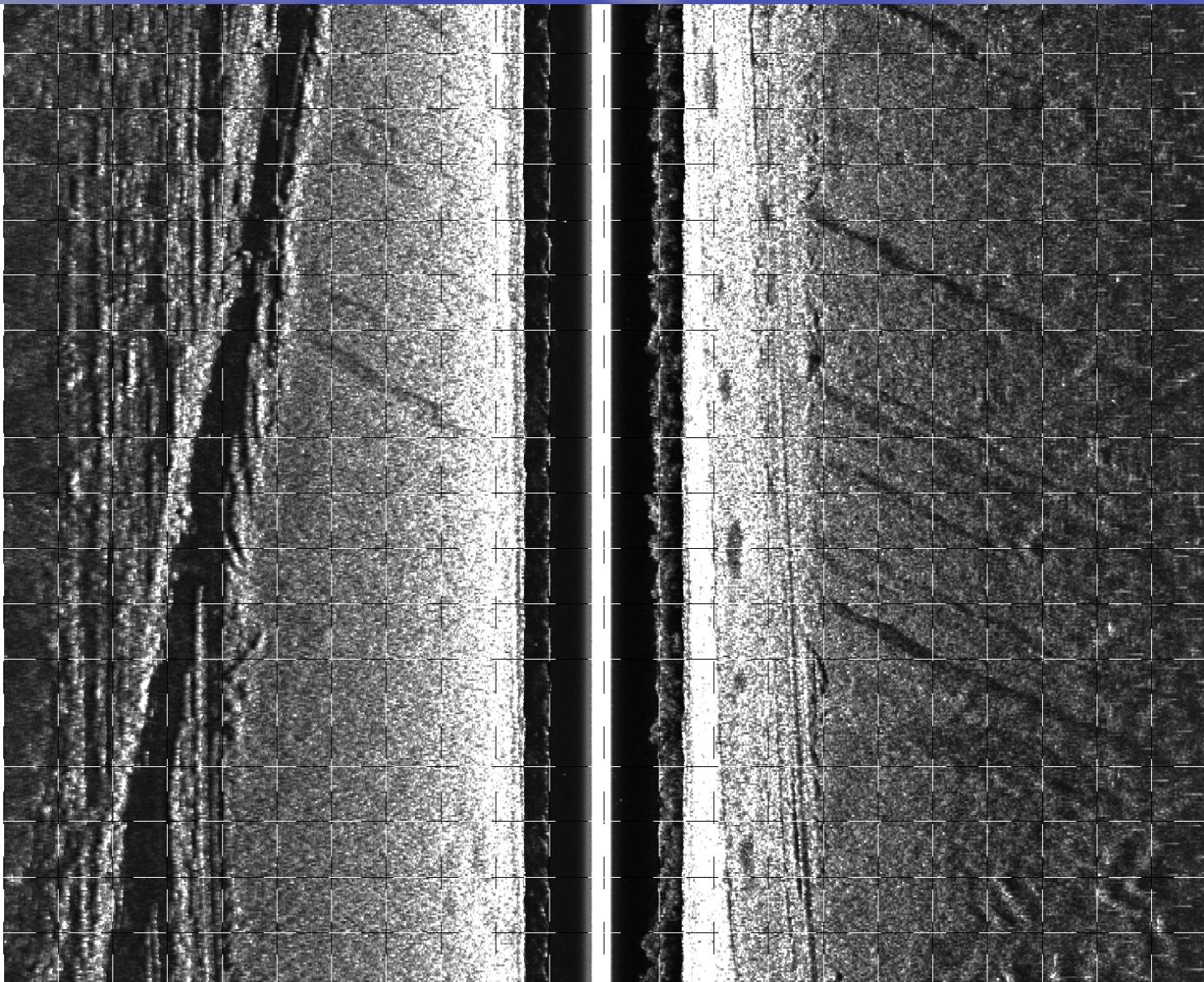
I3.09.03 01:11:52  
144.754 meters  
  
I3.09.03 01:11:47  
134.693 meters  
  
I3.09.03 01:11:42  
124.631 meters  
  
I3.09.03 01:11:37  
114.569 meters  
  
I3.09.03 01:11:32  
104.507 meters  
  
I3.09.03 01:11:27  
94.4456 meters

I3.09.03 01:11:17  
74.6814 meters  
  
I3.09.03 01:11:12  
34.6197 meters  
  
I3.09.03 01:11:07  
54.5579 meters  
  
I3.09.03 01:11:02  
44.4962 meters  
  
I3.09.03 01:10:57  
34.4345 meters

I3.09.03 01:10:47  
14.6703 meters  
  
I3.09.03 01:10:42  
4.60856 meters  
  
I3.09.03 01:10:37  
5.45319 meters  
  
I3.09.03 01:10:32  
15.5149 meters  
  
I3.09.03 01:10:27  
25.5767 meters



Vertical Lines Every 10 Meters

Horizontal Lines Every 10 Meters

Horizontal Scale 1:1189.2

Vertical Scale 1:1189.2



Верхнее строение

Опорная часть

67000

46900

Тросы (трубы)

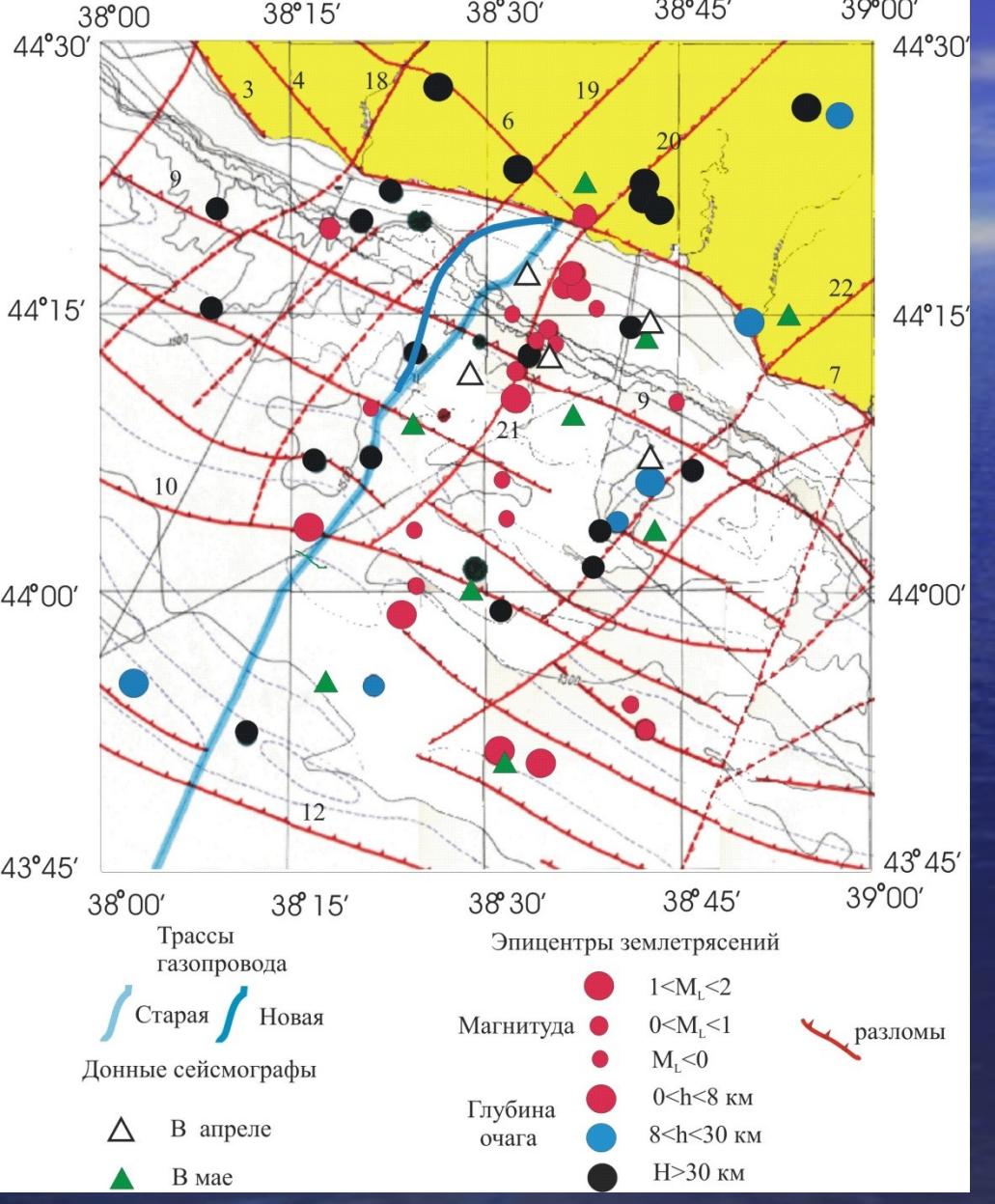
Тросы

Тросы

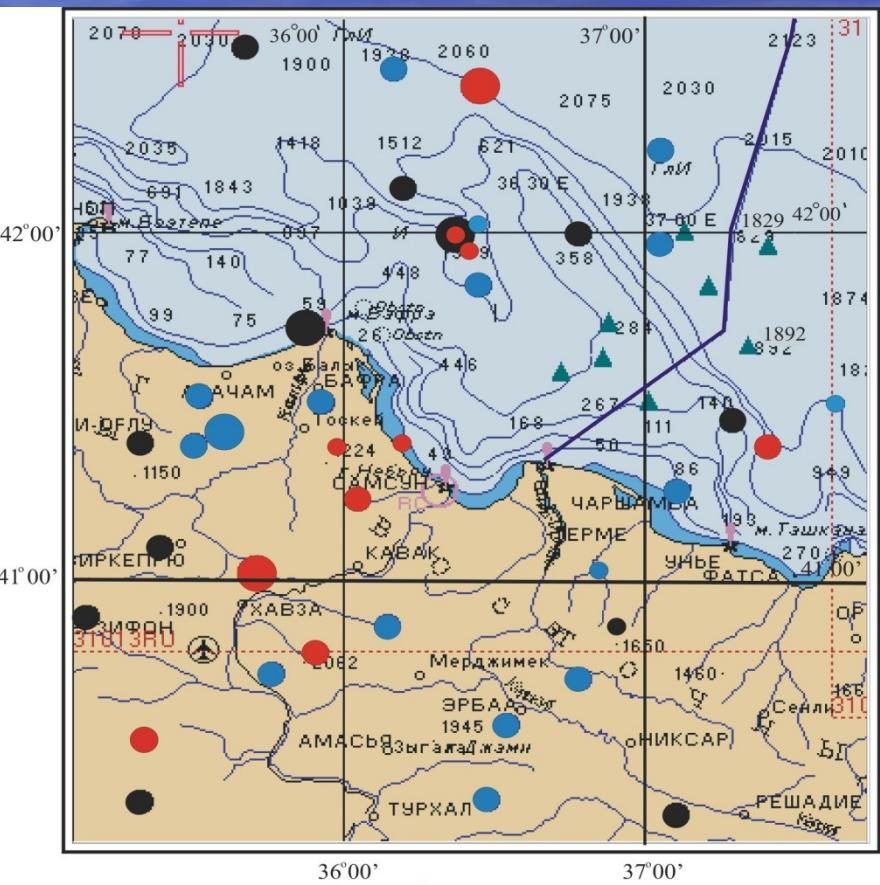
Донные якоря



# **Сейсмологический мониторинг Кавказского шельфа и континентального склона Черного моря (разломная тектоника и эпицентры подводных землетрясений)**

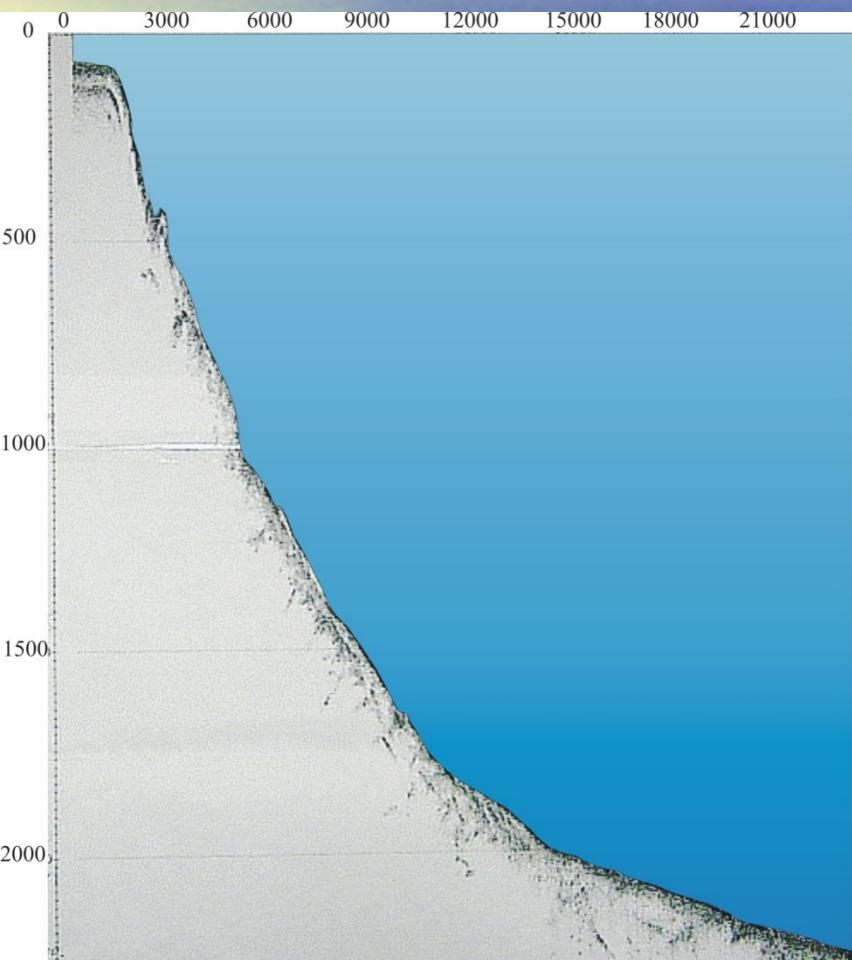


# Сейсмичность и активные разломы в районе в районе трассы газопровода “Голубой поток”, Черное море.

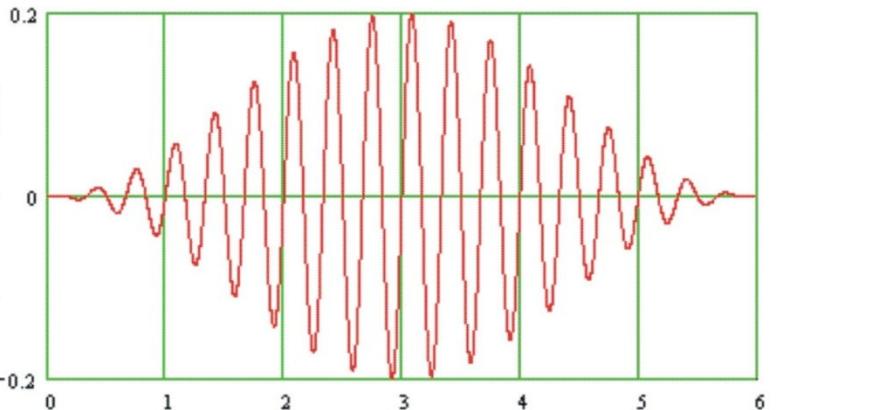


## Эпицентры землетрясений Анатолийского побережья в районе Самсона

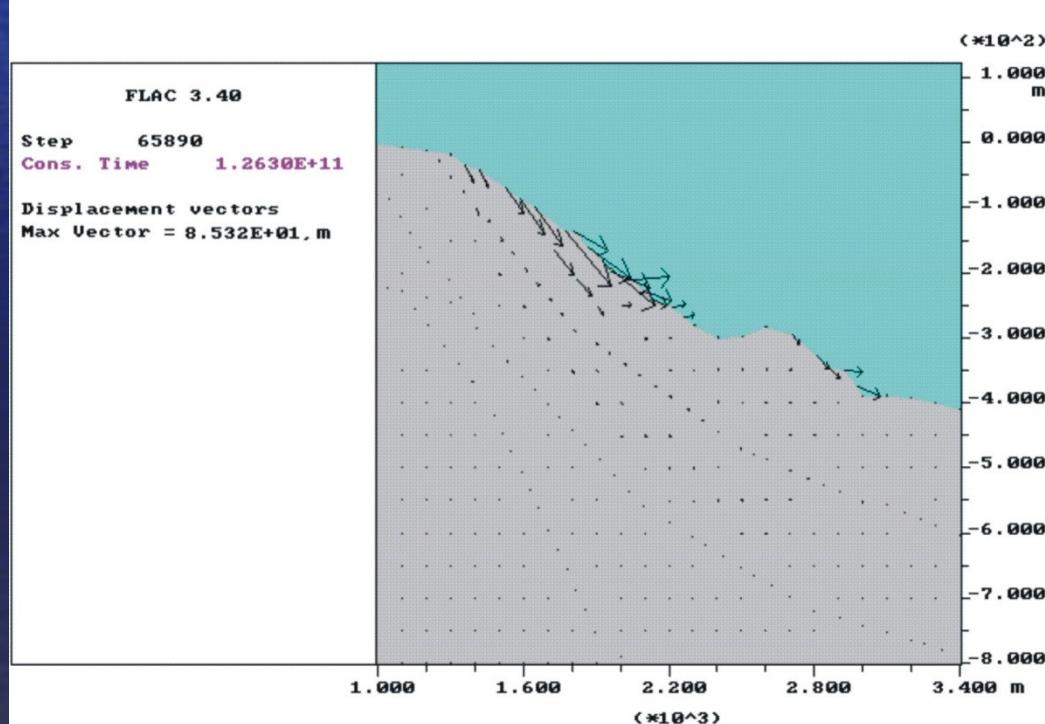
# Анализ оползневой опасности на континентальном склоне Черного моря (проект "Голубой поток")



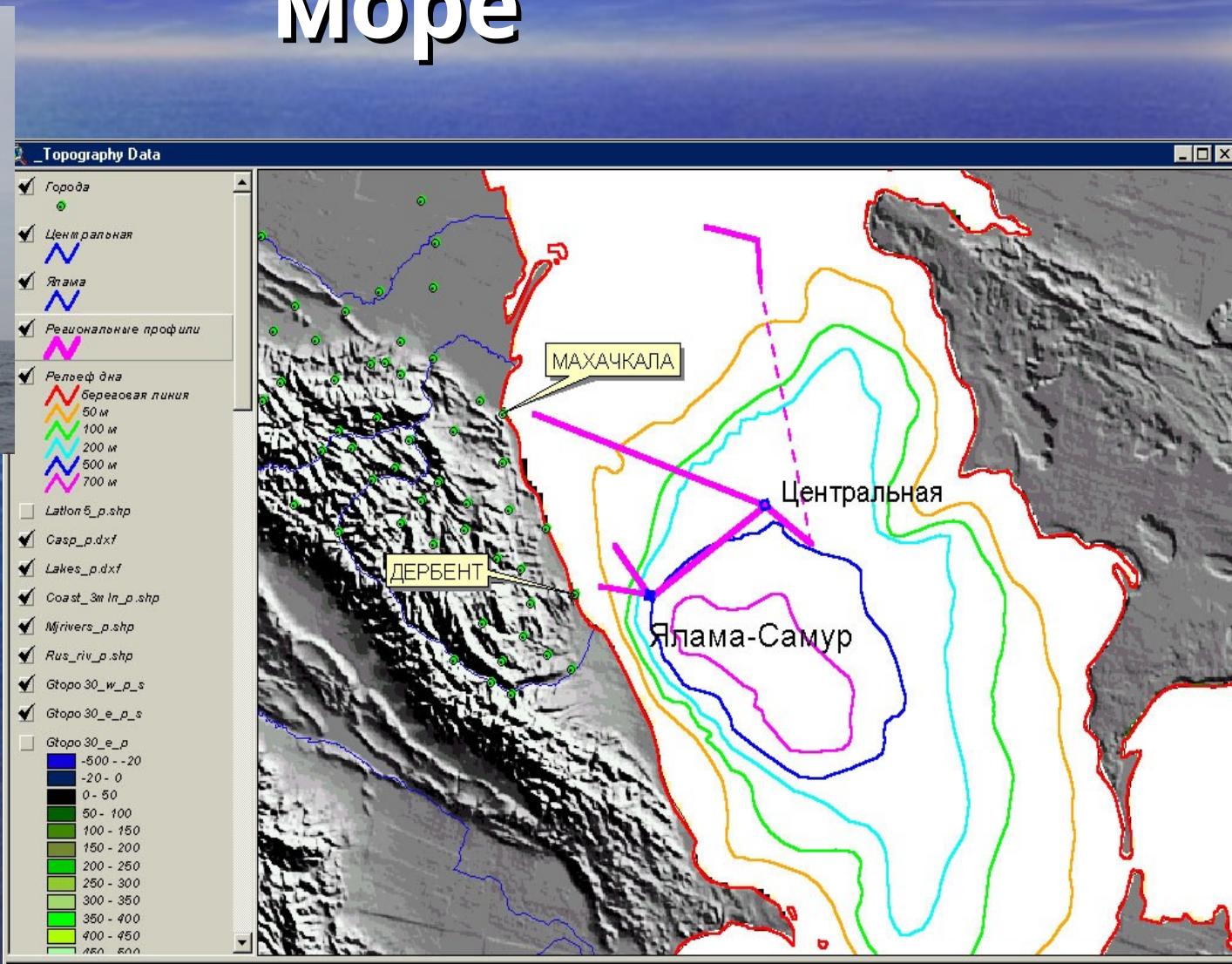
Сейсмическое воздействие (частота 3 гц, длительность 6 сек.)



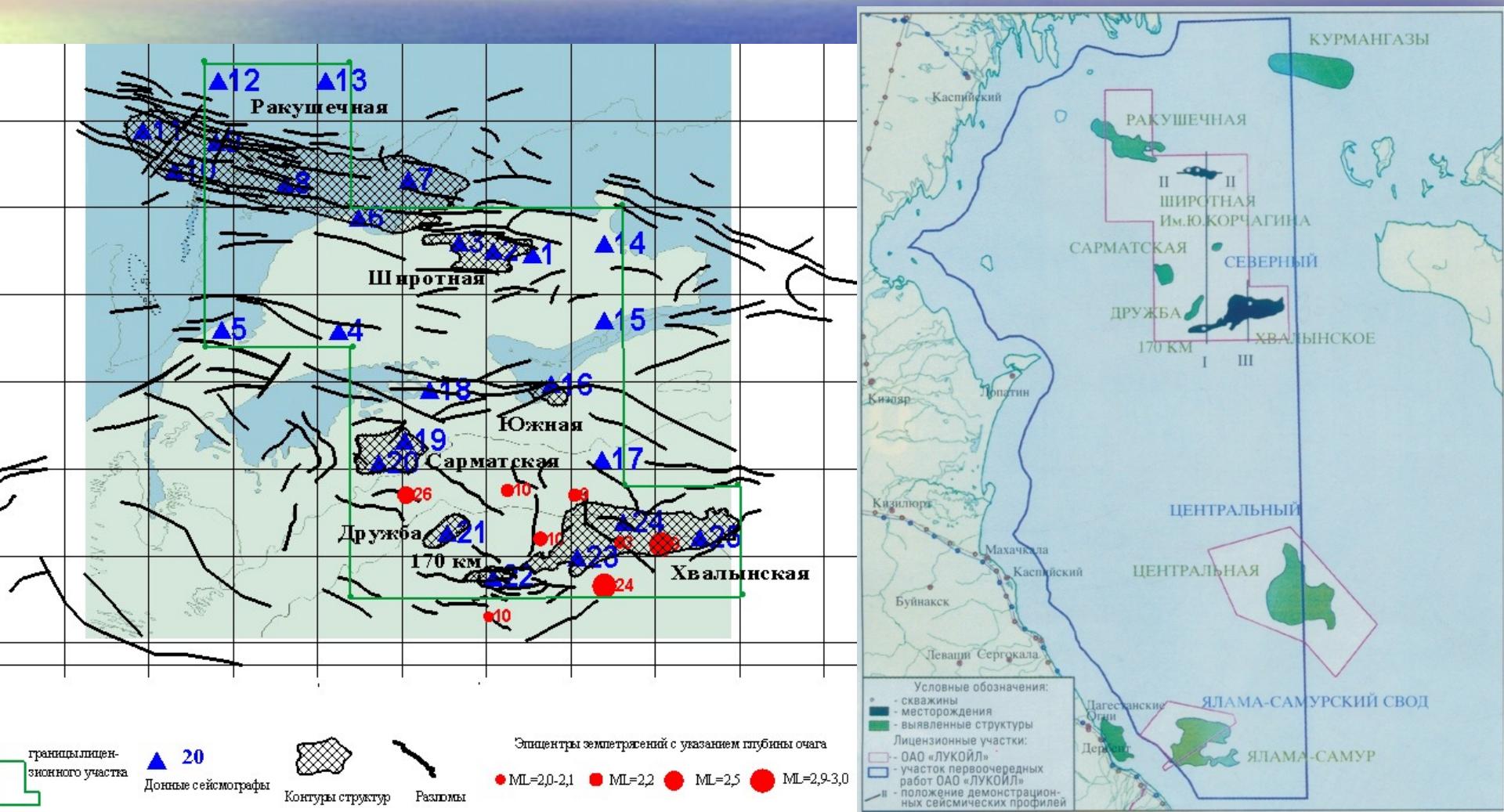
Распределение оползневых  
смещений (результат  
землетрясения)

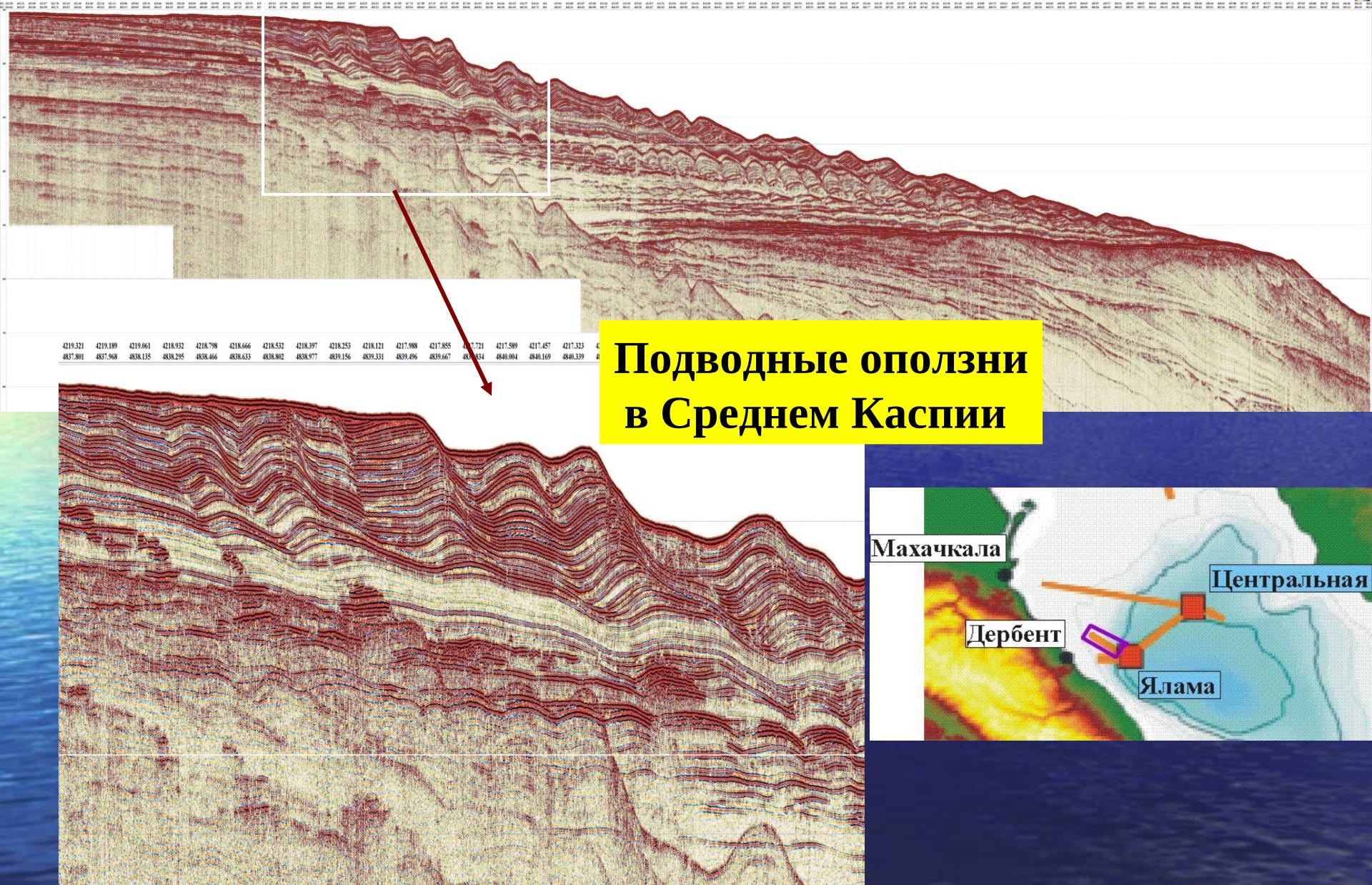


# Комплексные инженерные изыскания в Каспийском море



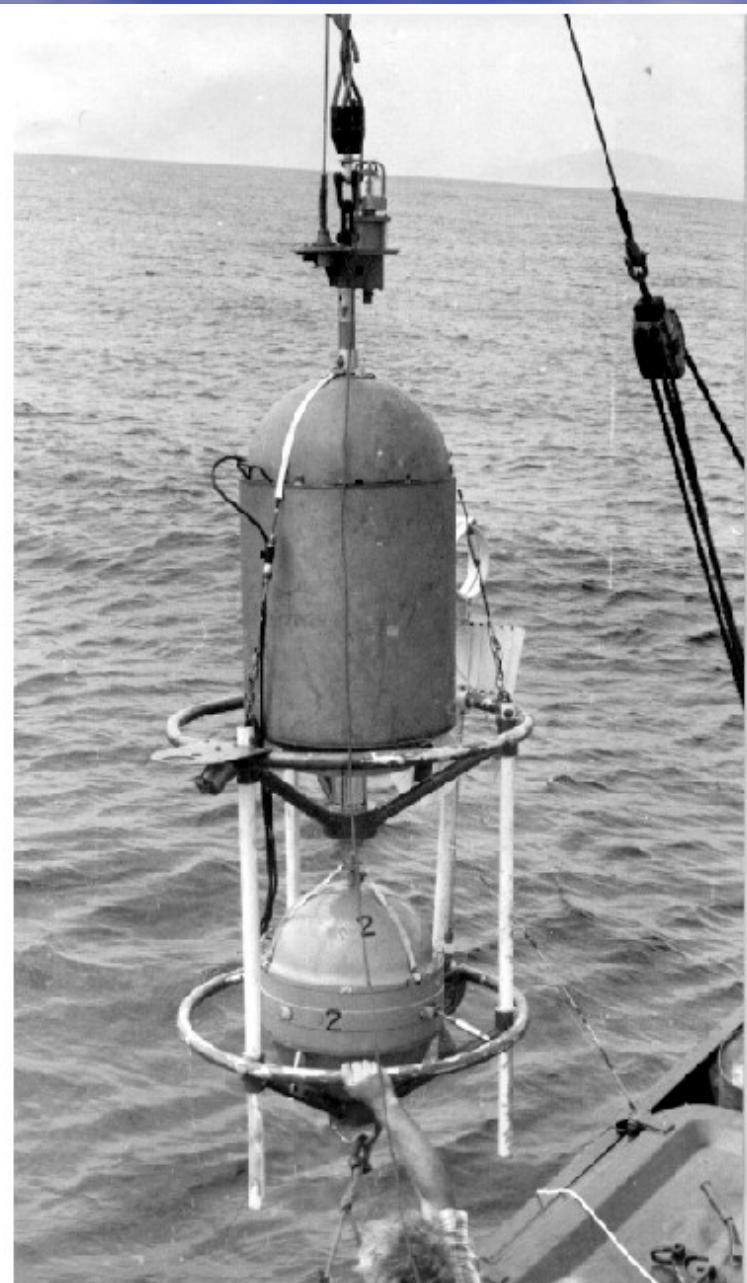
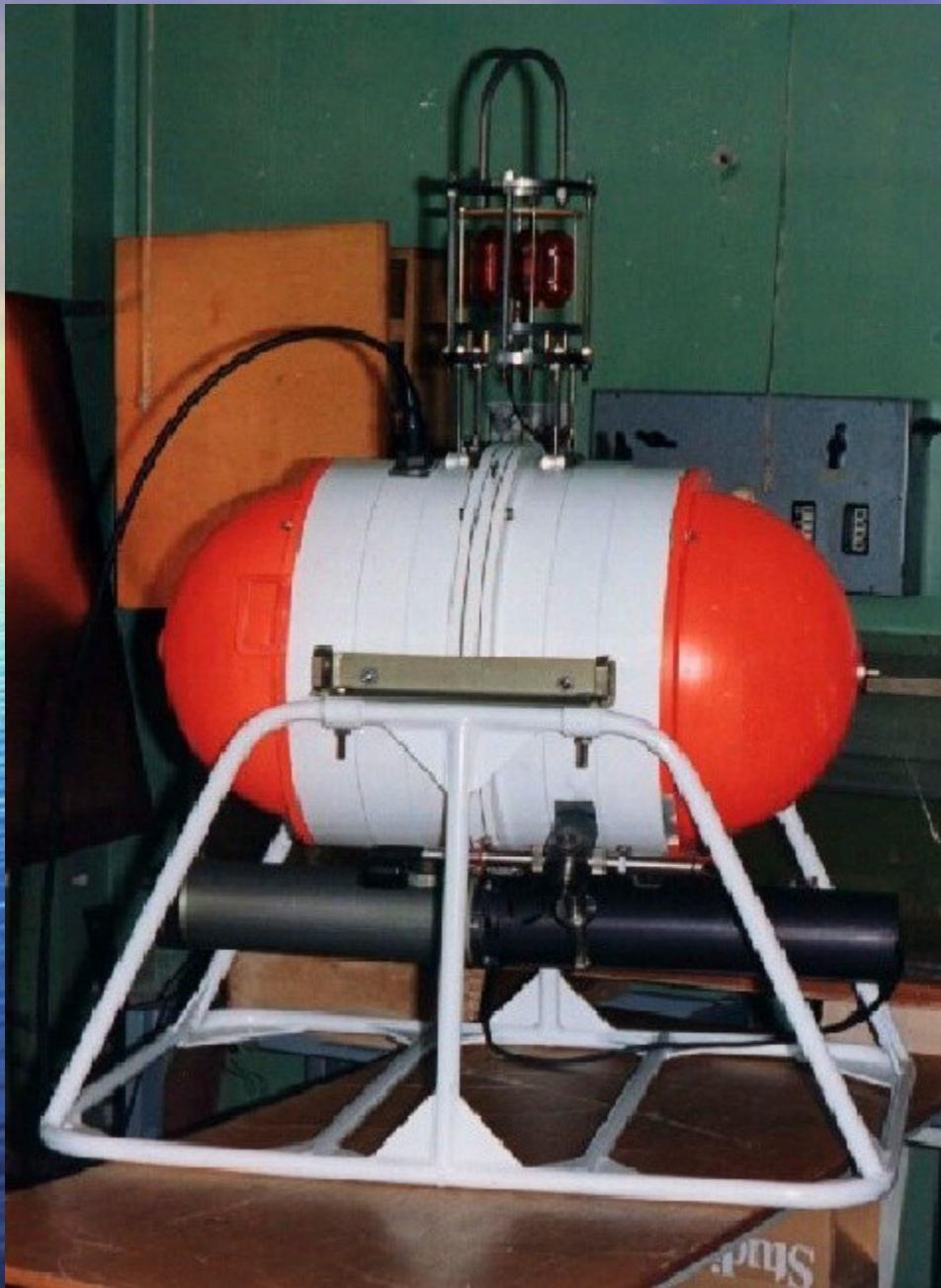
# Результаты донных сейсмологических наблюдений в районе нефтяных месторождений Северного Каспия





Временной разрез непрерывного сейсмического профилирования в западной части Центрального Каспия, иллюстрирующий структуру верхней части осадочного чехла и подводные оползни





# Методы исследований



Приёмопередающая антенна  
эхолота SeaBat 8111.



Приемно-излучающая  
антенна  
профилографа  
«SES-96  
standard».



Сбор и  
предварительная  
обработка  
данных НСП –  
ГеонтШельф



Общий вид сейсмической косы  
МОВ-ОГТ ВР

# «Рифт» во льдах





2005 – 2006 г.г.

**Работа по госконтракту  
«Создание системы  
многоуровневого регионально-  
адаптированного экологического  
и геодинамического мониторинга  
морей России, в первую очередь,  
районов шельфа и  
континентального склона»**

- комплексный мониторинг морской среды в районах шельфа
- влияния антропогенного воздействия
- разработка прогностических моделей развития процессов
- совместное использование дистанционных и контактных измерений
- создание новых технических средств.

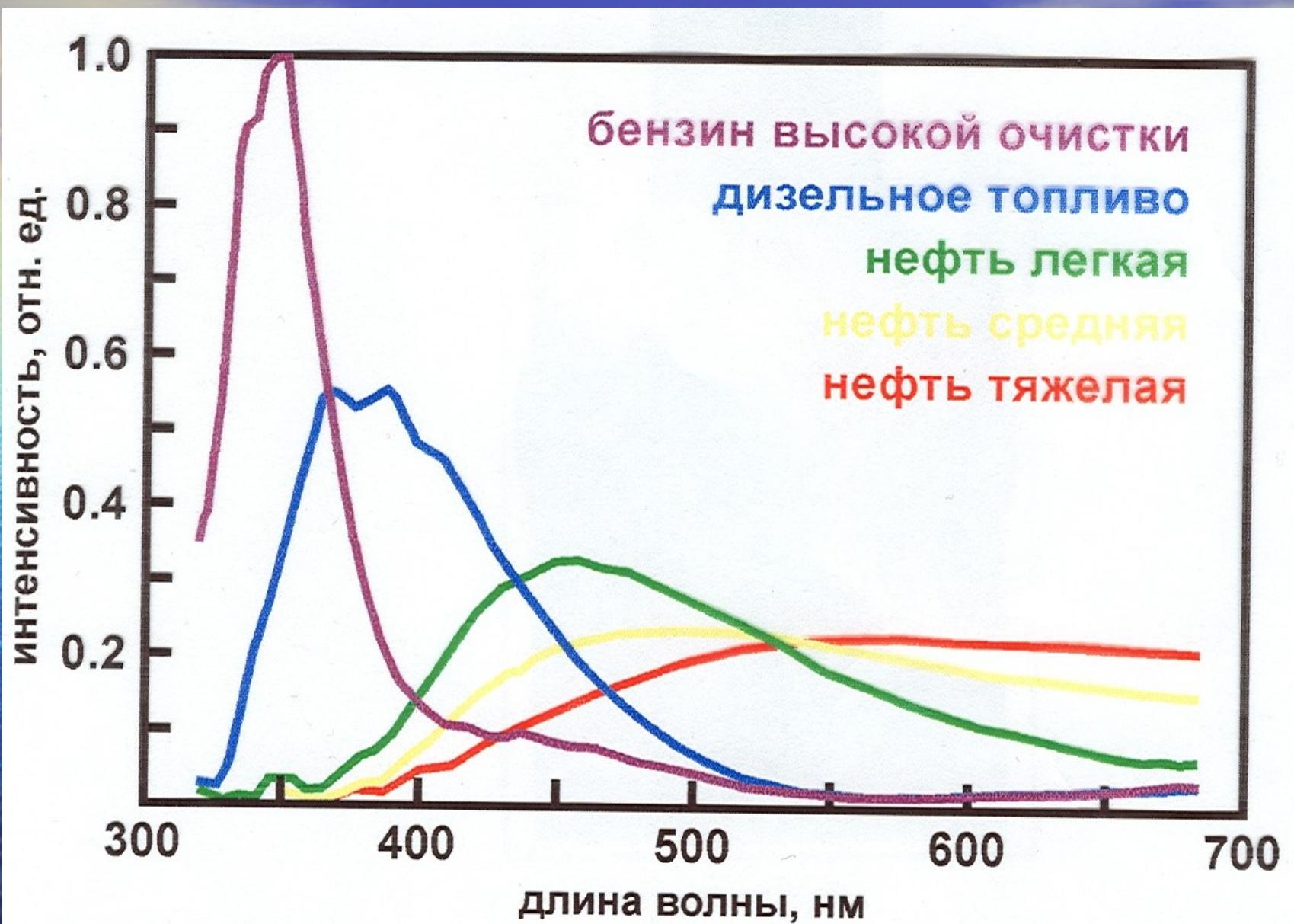
# Лазерный комплекс



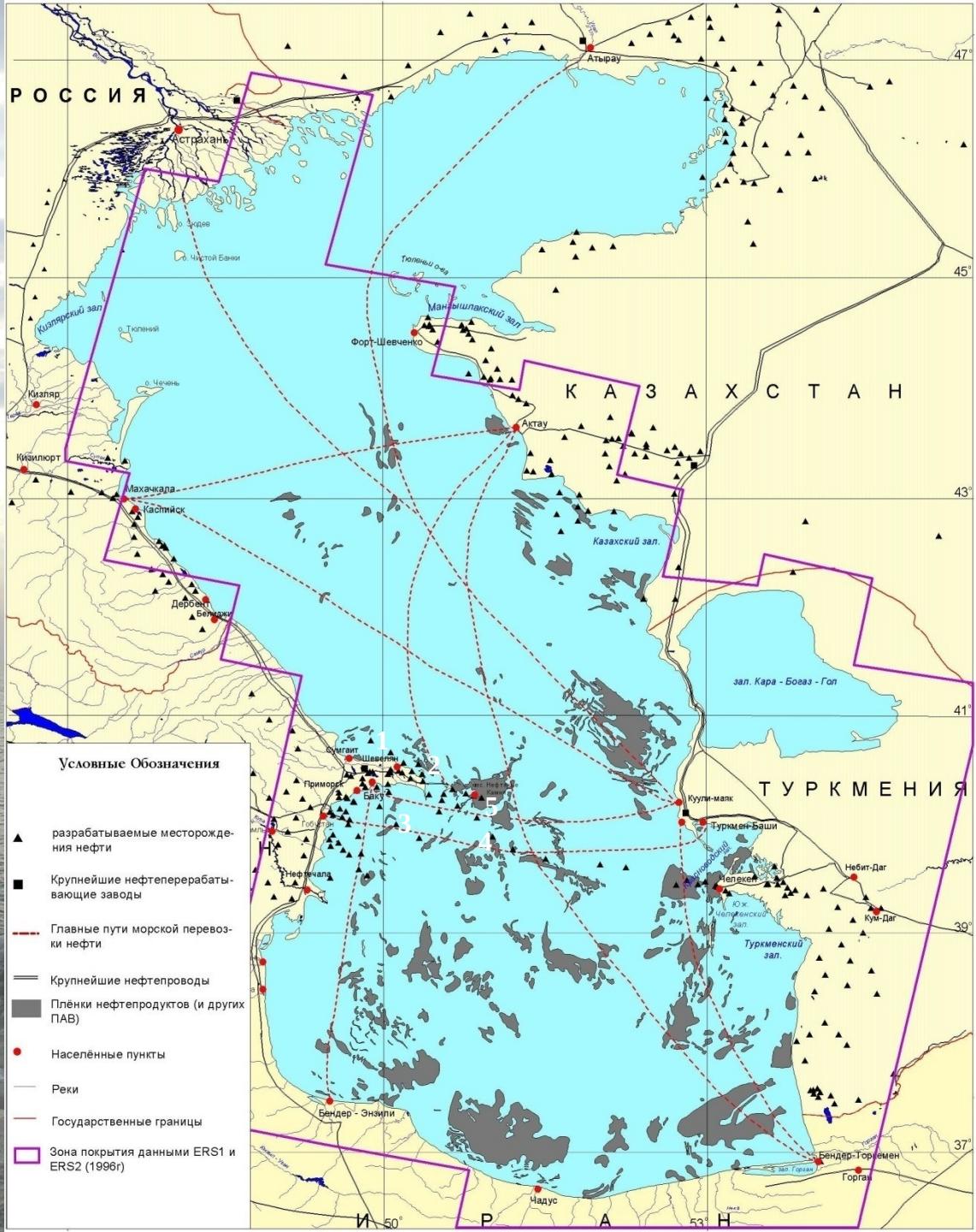
Лазерный проточный флуориметр (ЛПФ) для измерений пространственных распределений (временной изменчивости) содержания в водной толще флуорофоров природного и антропогенного происхождения и спектров флуоресценции, необходимых для их идентификации.

Судовой многофункциональный лидар (СМФЛ) для дистанционного обнаружения и определения характеристик различного рода неоднородностей природного и антропогенного происхождения в водной толще, на поверхности и в приповерхностном слое воды.

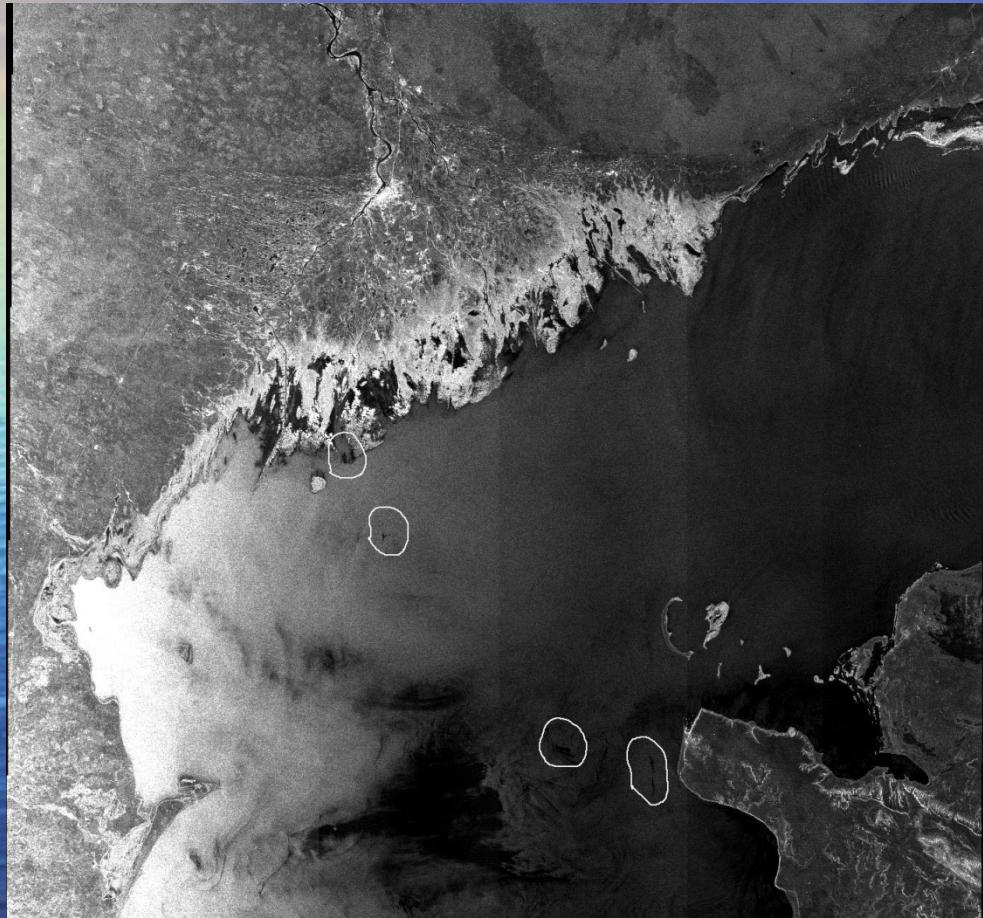
# Идентификация нефтепродуктов по данным лидара



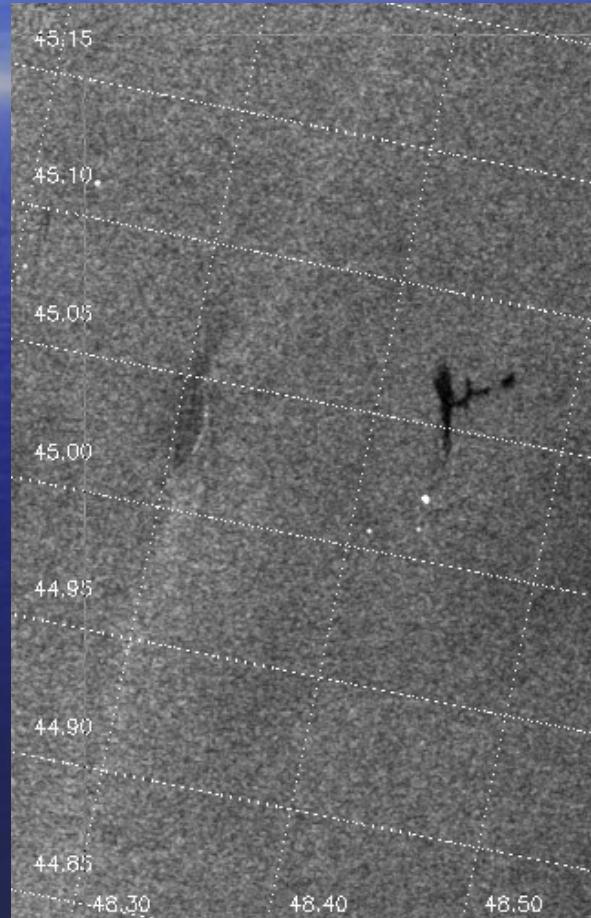
# Интегральная карта распределения нефтяных загрязнений на поверхности Каспийского моря.



**Радиолокационное изображение со спутника ENVISAT  
7 августа 2006 г. Пространственное разрешение 150 м  
(размер пикселя 75x75 м), размер кадра 400 x 400 км.**



**Кружками отмечены нефтяные пятна,  
выявленные на РЛИ в результате анализа**



**Нефтяное пятно крупным  
планом с координатами**



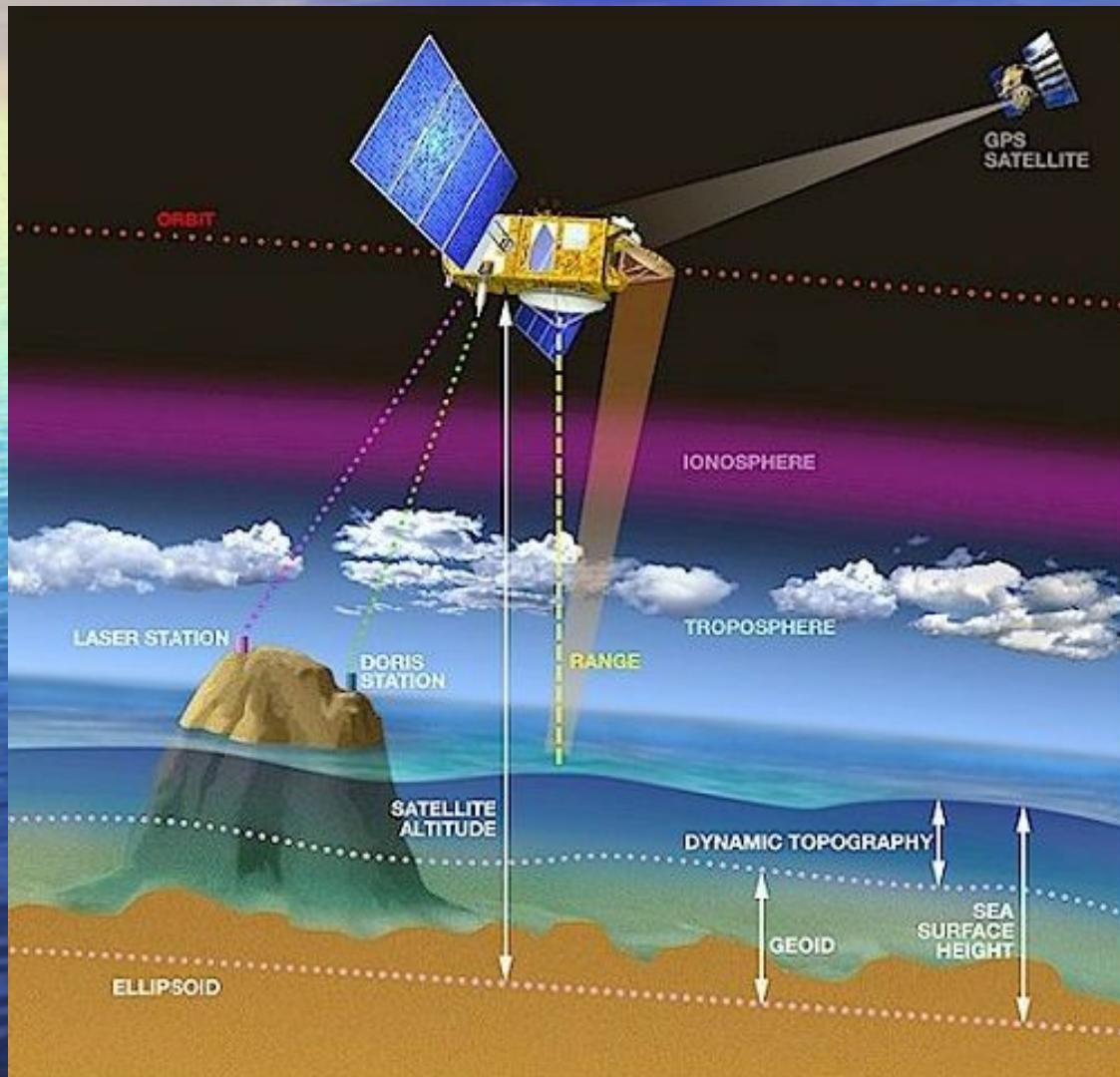
Каспийский тюлень,  
эндемик



Транскаспийская миграция 61 вида  
«сухопутных» птиц

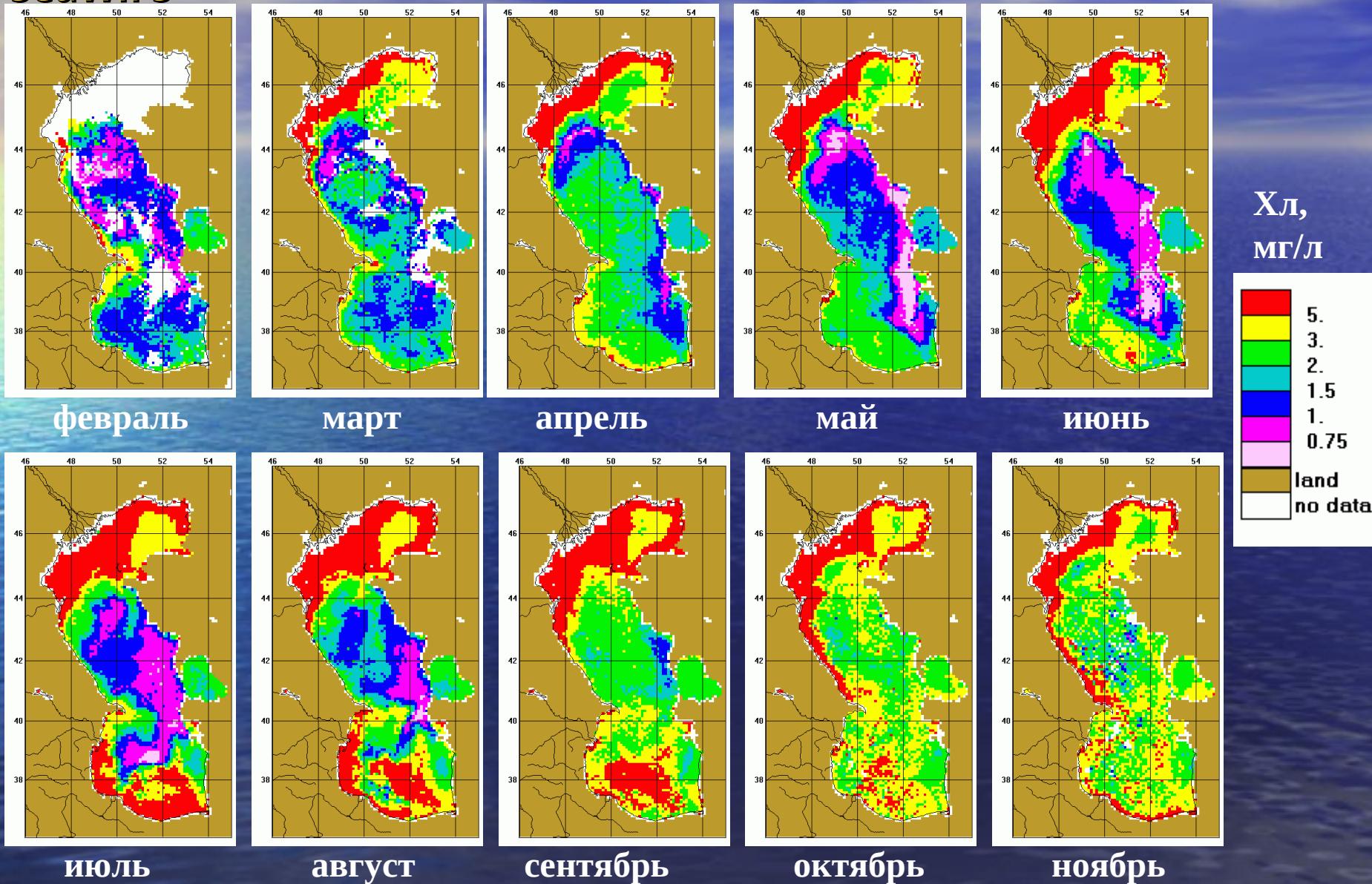


# Колебания уровня моря, регистрируемые с помощью спутникового высотометра (альтиметра)

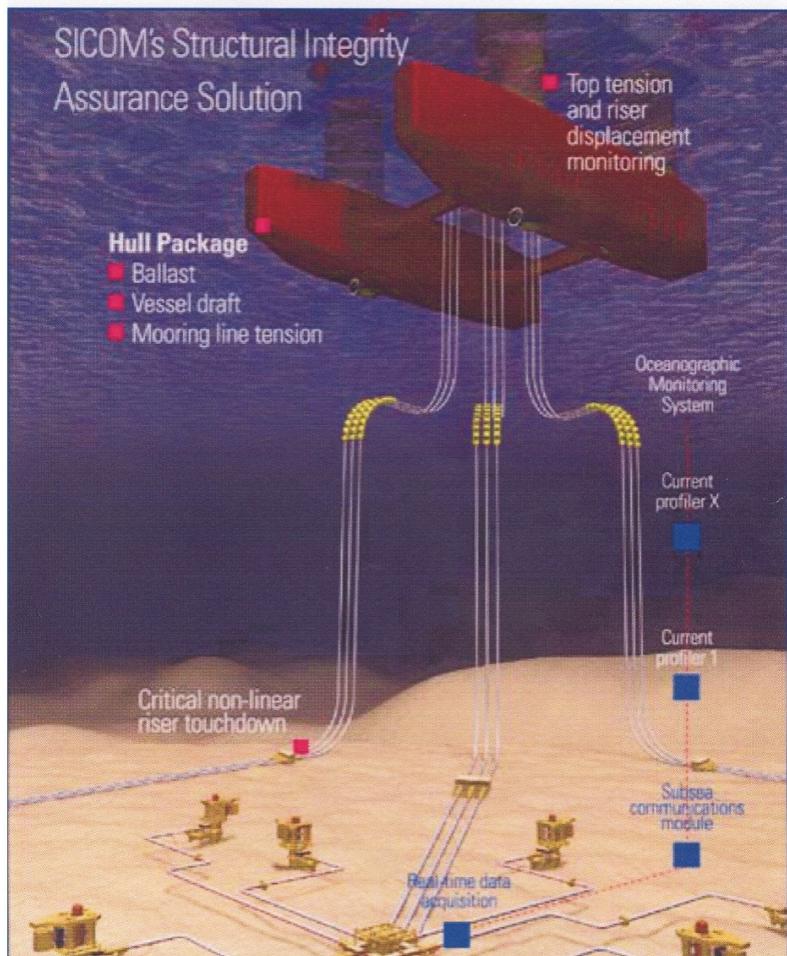


Высота орбиты ИСЗ TOPEX/POSEIDON - 1336 км. Микроволновые измерения на частотах 13,6 и 5,3 ГГц. Время прохождения сигнала от спутника до поверхности моря и обратно пересчитывается в высоту спутника, а затем в возвышение морской поверхности с точностью до 4-5 см.

# Изменение в 2005 г. среднемесячных распределений концентрации хлорофилла по данным сканера цвета SeaWiFS



## Пример зарубежной системы мониторинга

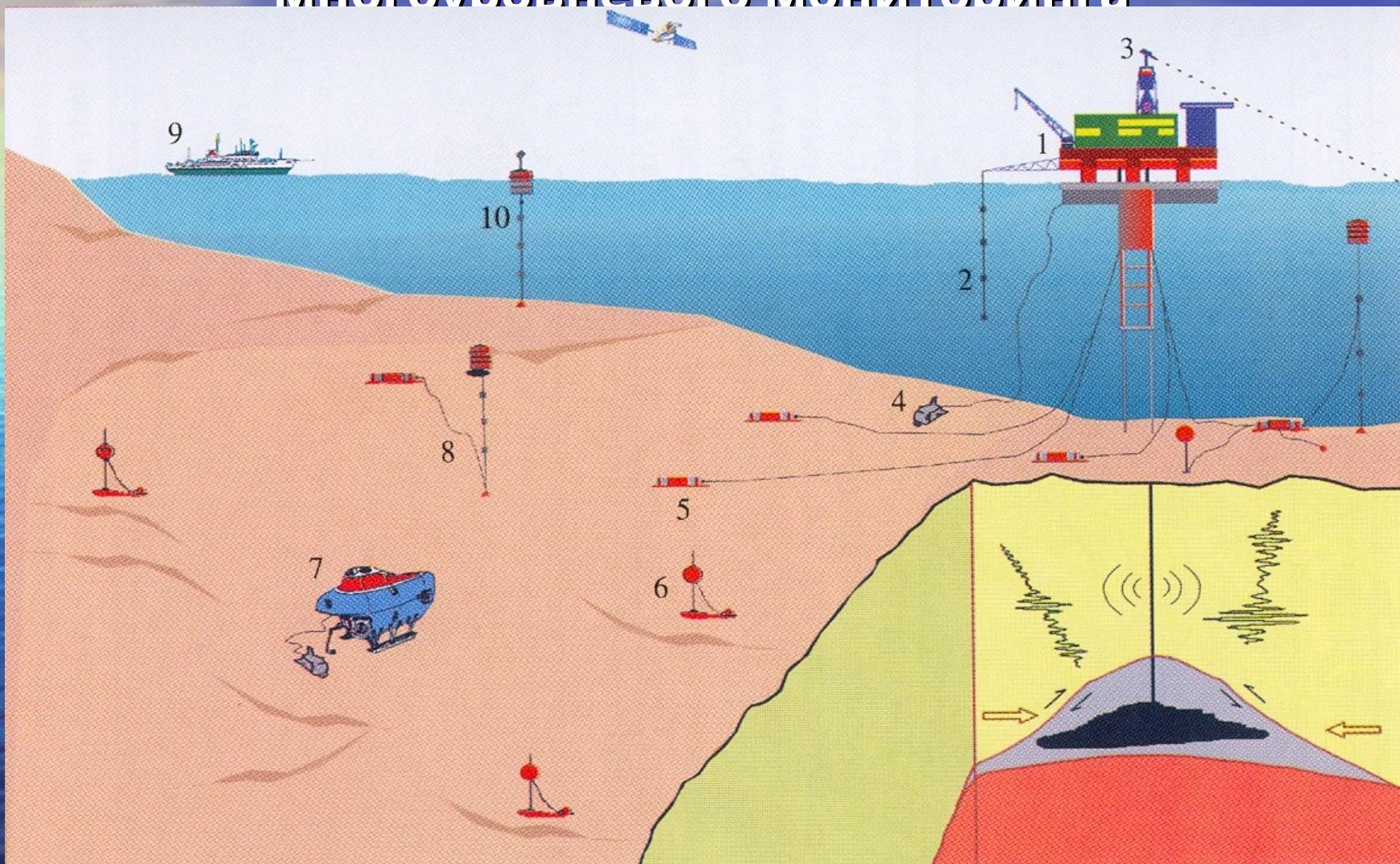


В апреле 2005 Служба Минеральных Ресурсов США разработала нормы, предписывающие мониторинг гидрофизической обстановки вокруг морских сооружений в основном для определения параметров придонных течений со скоростью, превышающей один узел. Разработка новых правил была вызвана опасением, что информация о придонных течениях в районах установки платформ недостаточна, а продолжительные воздействия течений на элементы конструкции морского сооружения могут вызвать их повреждения.

Норвежская компания **Sicom Group** в партнерстве с другими группами разработала систему океанографического мониторинга для внедрения на нефтедобывающих сооружениях в Мексиканском заливе.

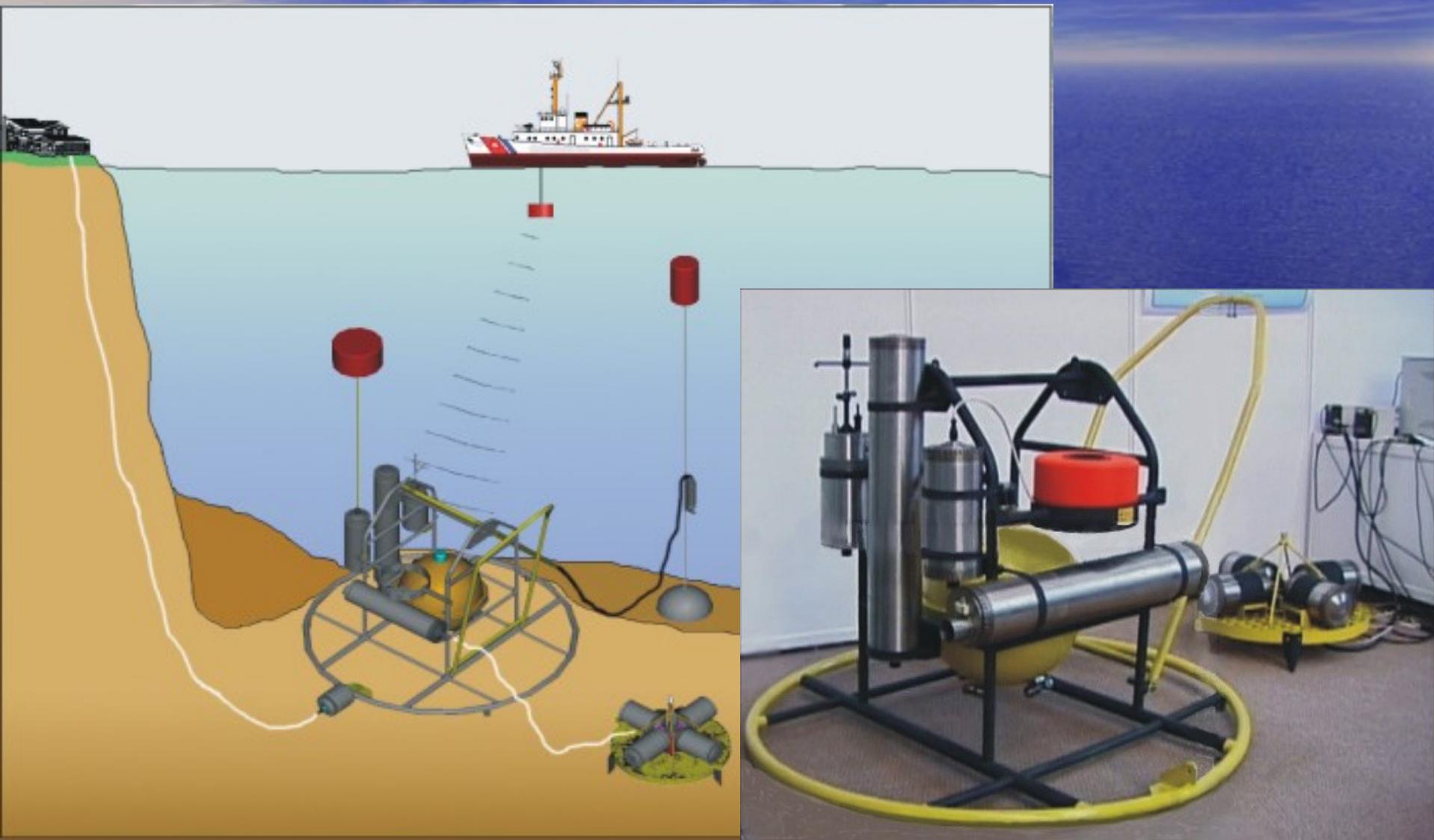
Система измеряет, передает и обрабатывает информацию в реальном времени. Кроме океанографических и метеорологических данных производится мониторинг целостности конструкции, и проверку позиционирования платформы, ветровых и волновых нагрузок, вибрации сооружения, натяжения буйрепов и др. Все устройства для сбора информации связаны силовым кабелем для передачи данных в реальном масштабе времени

# Морские буровые платформы – один из наиболее подходящих технологических носителей системы комплексного многоуровневого мониторинга



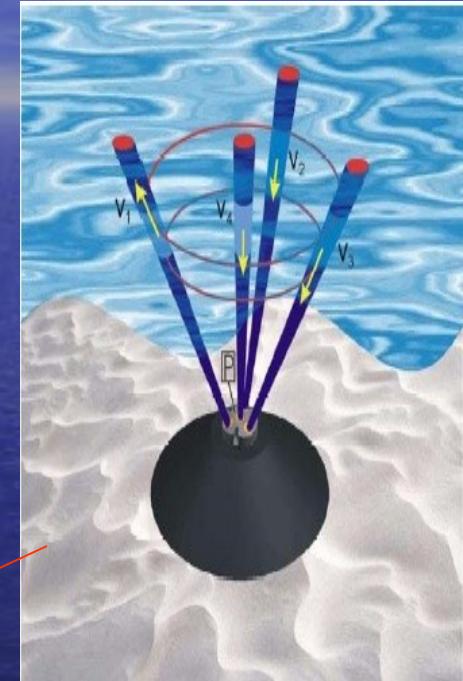


# Подсистема геодинамического (сейсмологического) мониторинга



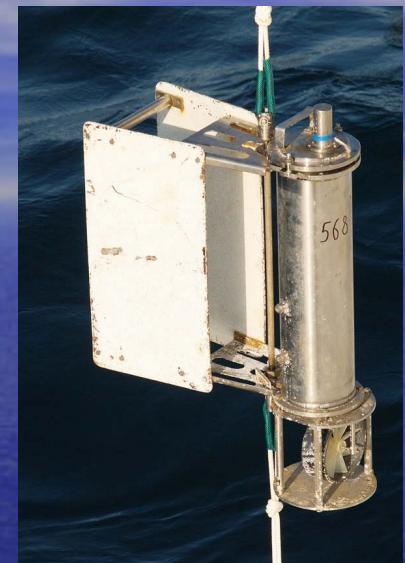
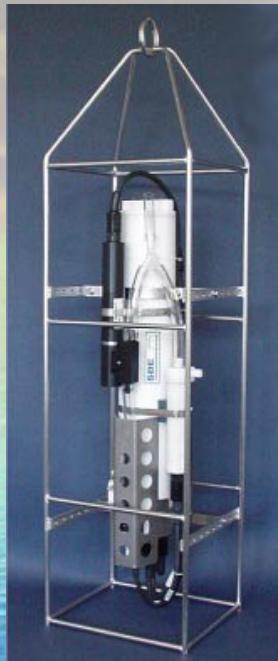
# Автоматическая гидрологическая станция

## Измеритель течений и взвеси, зонд температуры, солености, растворенных газов

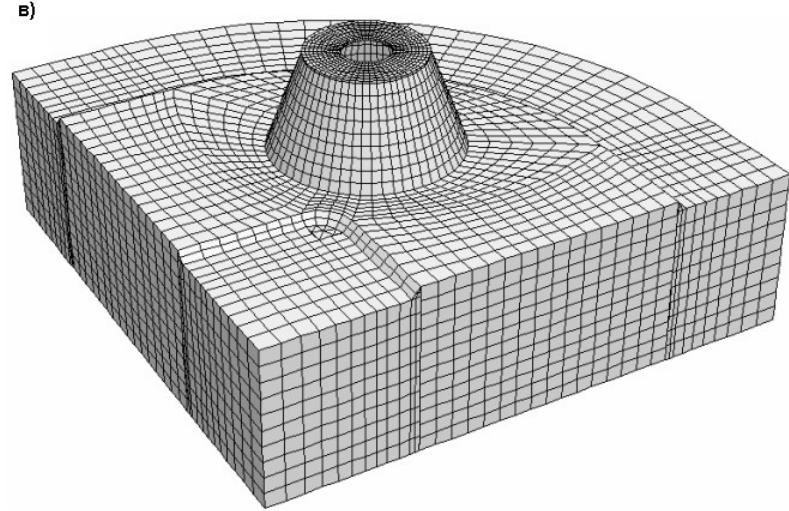
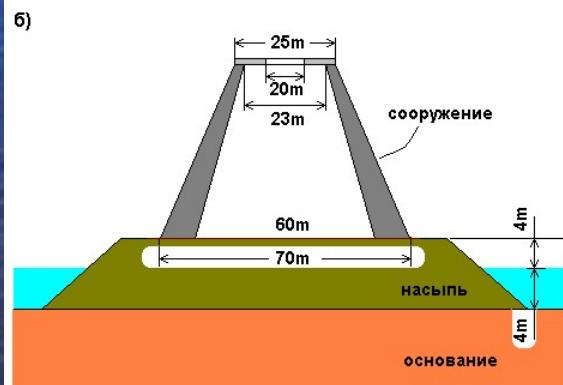
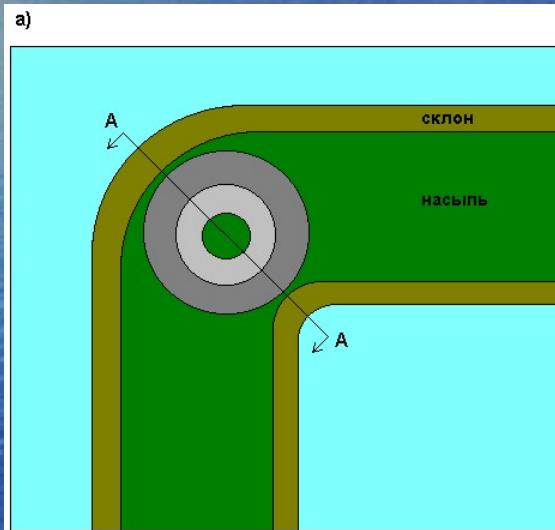


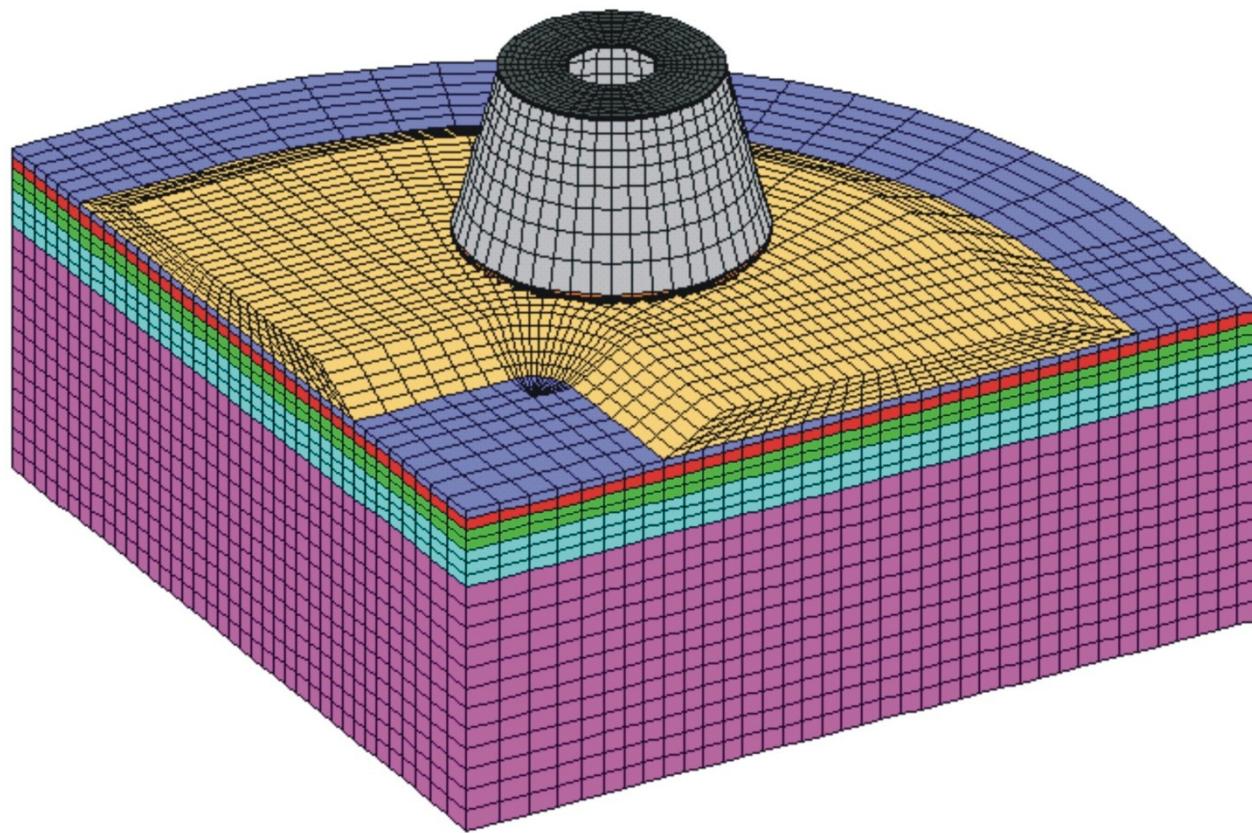
Акустический измеритель профиля течений с разрешением не хуже 1 м.  
Измерение доплеровского сдвига длин акустических волн, рассеянных на частицах взвеси, переносимых течениями.

# Используемое оборудование



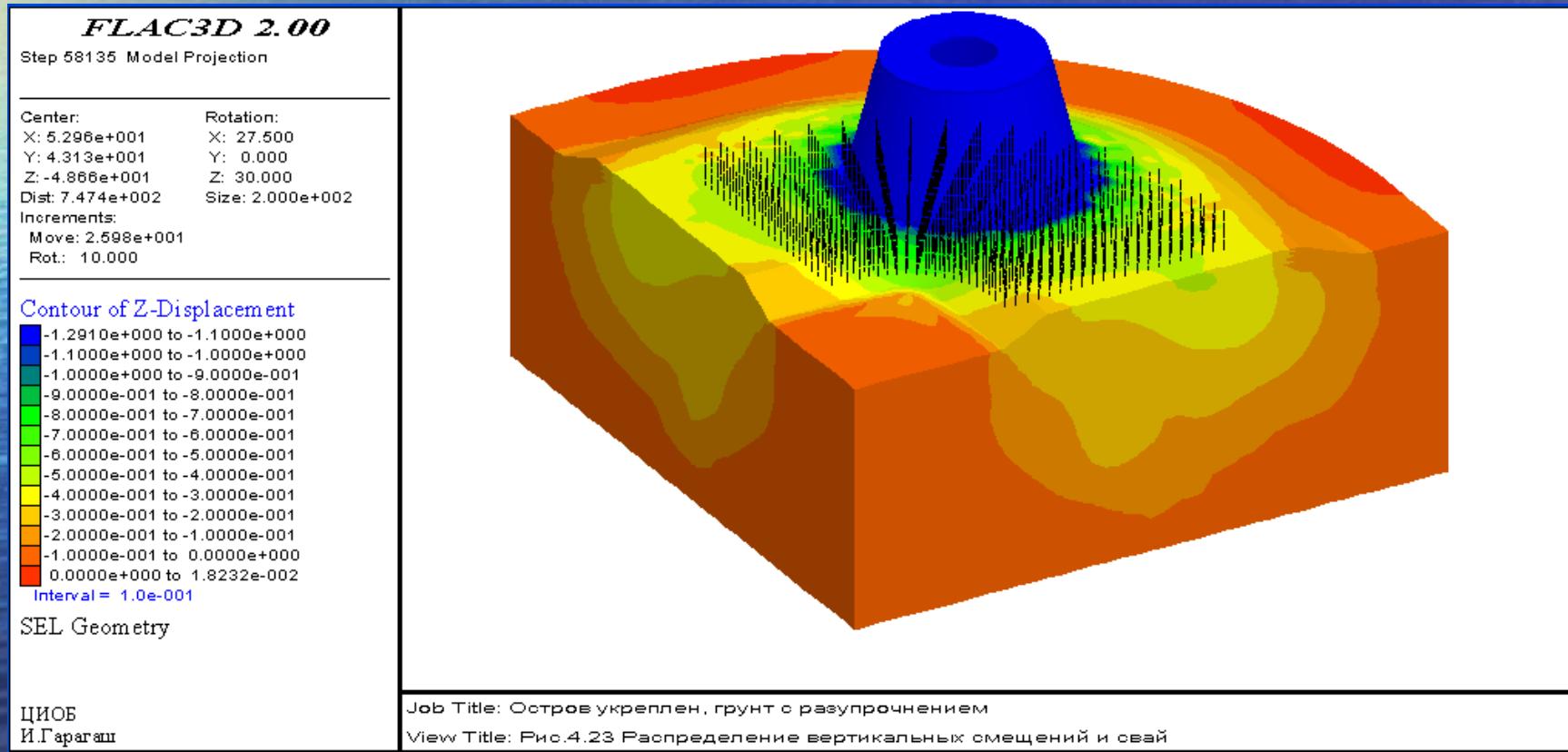
# ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ И СООРУЖЕНИЙ



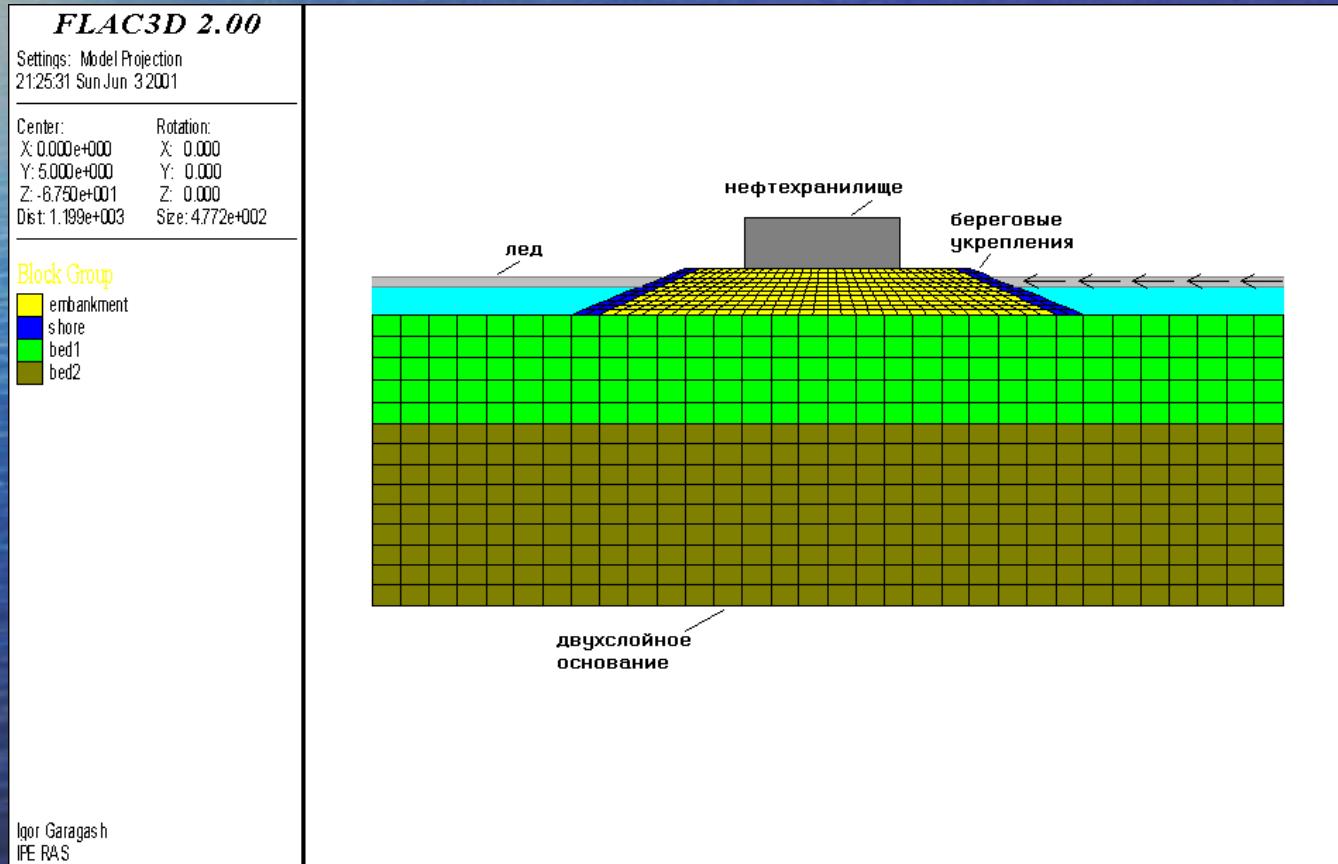


**Насыпной остров и сооружение с  
фундаментом**

# Распределение максимальных касательных напряжений в технологическом сооружении



# Оценка смещений и деформаций насыпного острова под действием ледовой нагрузки



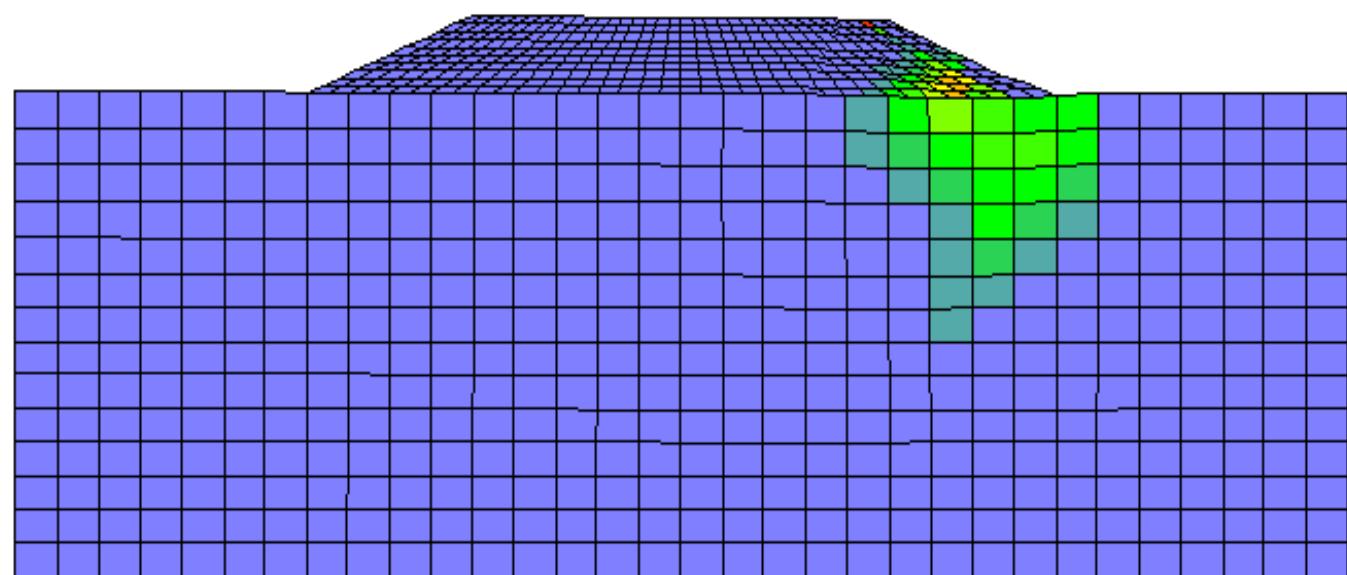
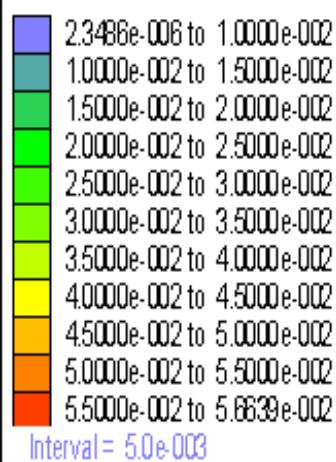
# **FLAC3D 2.00**

Step 28500 Model Projection

22:20:47 Sun Jun 3 2001

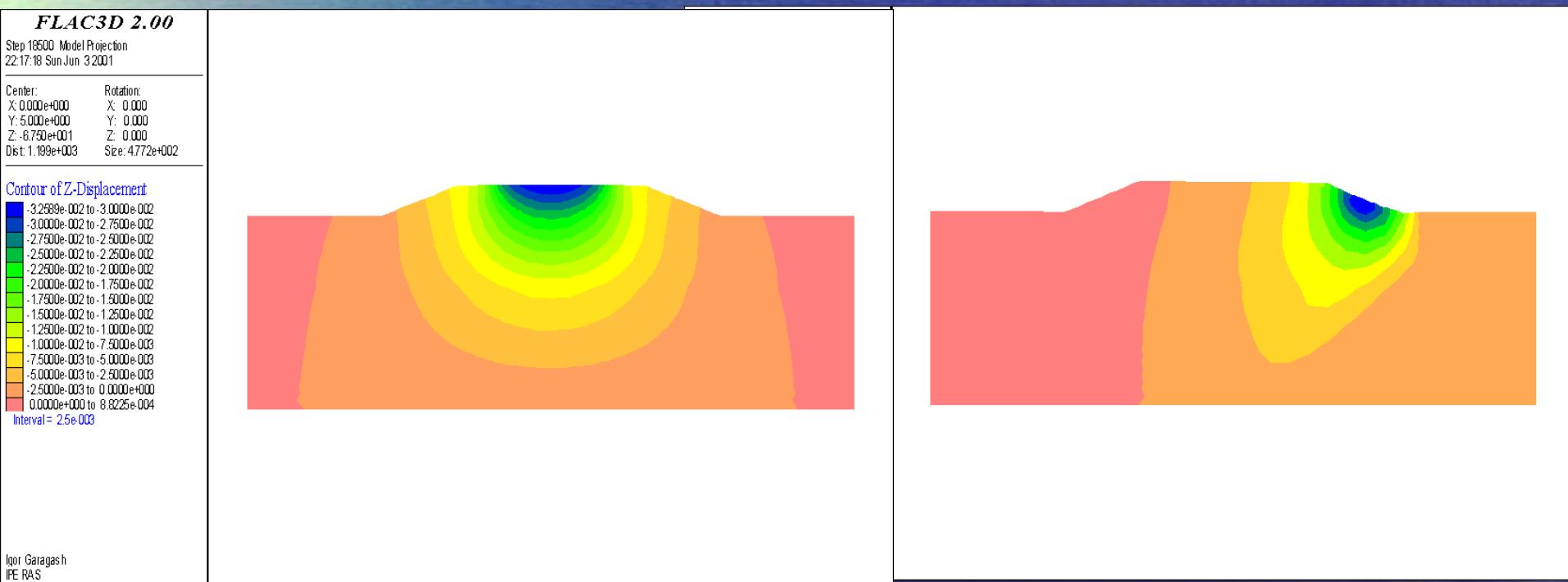
Center: Rotation:  
X: 0.000e+000 X: 0.000  
Y: 5.000e+000 Y: 0.000  
Z: -6.750e+001 Z: 0.000  
Dist: 1.199e+003 Size: 4.772e+002

Block Contour of Shear Strain Increment



**Распределение сдвиговых деформаций в  
результате ледовой нагрузки\_**

# Распределение максимальных вертикальных смещений после заполнения нефтехранилища и учёт ледовой нагрузки



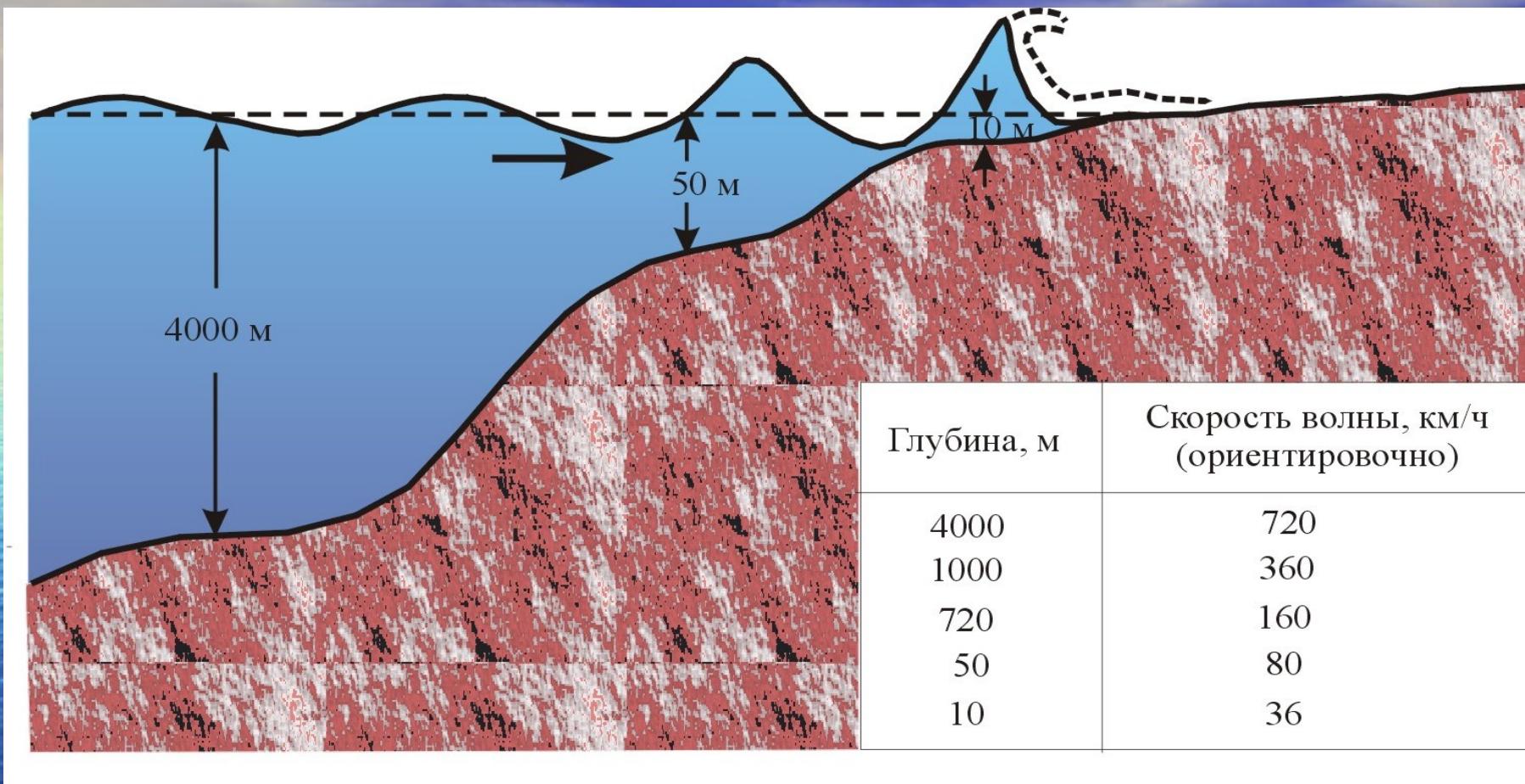
# О специфике учебного процесса

- В соответствии с образовательными стандартами, обучение студентов на кафедре слагается из лекций, семинаров и лабораторных работ. Последние, в соответствии с характером научно-исследовательской деятельности ИО РАН (см. сайт [www.ocean.ru](http://www.ocean.ru)), включают практическую работу в экспедиционных условиях (морских, прибрежных и береговых, включая палеошельф).
- Работы организуются на базе ИО РАН и других родственных организаций.

# Катастрофические цунами: анализ, моделирование, прогноз, система предупреждения **Л.И.Лобковски**



# Распространение волн цунами



# РАЗЛИЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВОЛН ЦУНАМИ

## СЕЙСМИЧЕСКИЕ

Начальное поднятие  
поверхности океана

Остаточные смещения дна

Эпицентр  
землетрясения

Разлом

82%

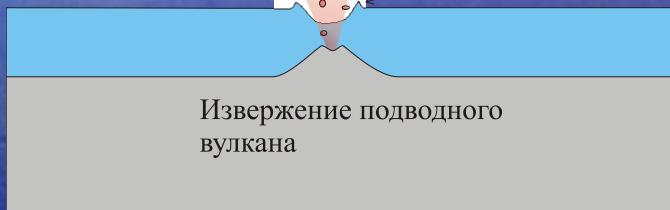


## ВУЛКАНИЧЕСКИЕ

Начальное поднятие  
поверхности океана

Извержение подводного  
вулкана

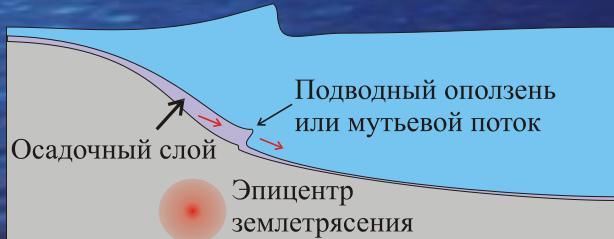
5%



## ОПОЛЗНЕВЫЕ

6%

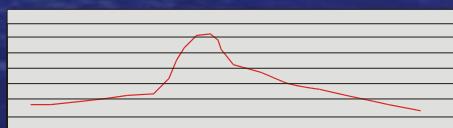
Возмущение поверхности океана



## МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ

Изменение атмосферного давления

3%



Быстро движущийся грозовой фронт

Аномалия уровня моря



## Образование волны в виде бора





**Мангровый лес, уничтоженный цунами,  
о. Пулау-Панджанг (Pulau Pangang)**

# Соленая вода уничтожила посевы

©2005 USC Tsunami Research Group



©2005 USC Tsunami Research Group



**10-летняя английская девочка Тилли Смит спасла 100  
туристов во время цунами 26 декабря 2004**

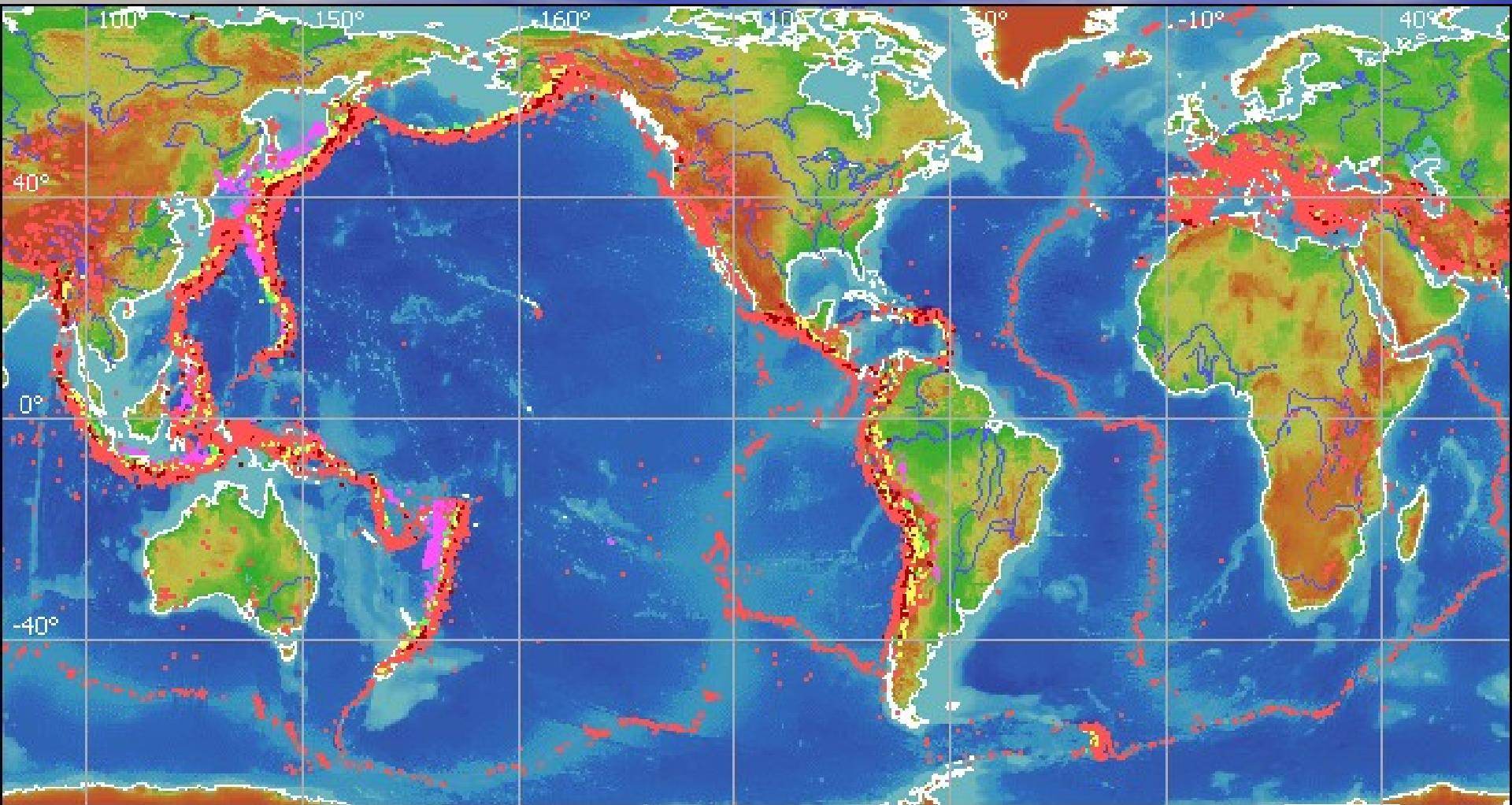


26 декабря 2004 г. О. Сималур

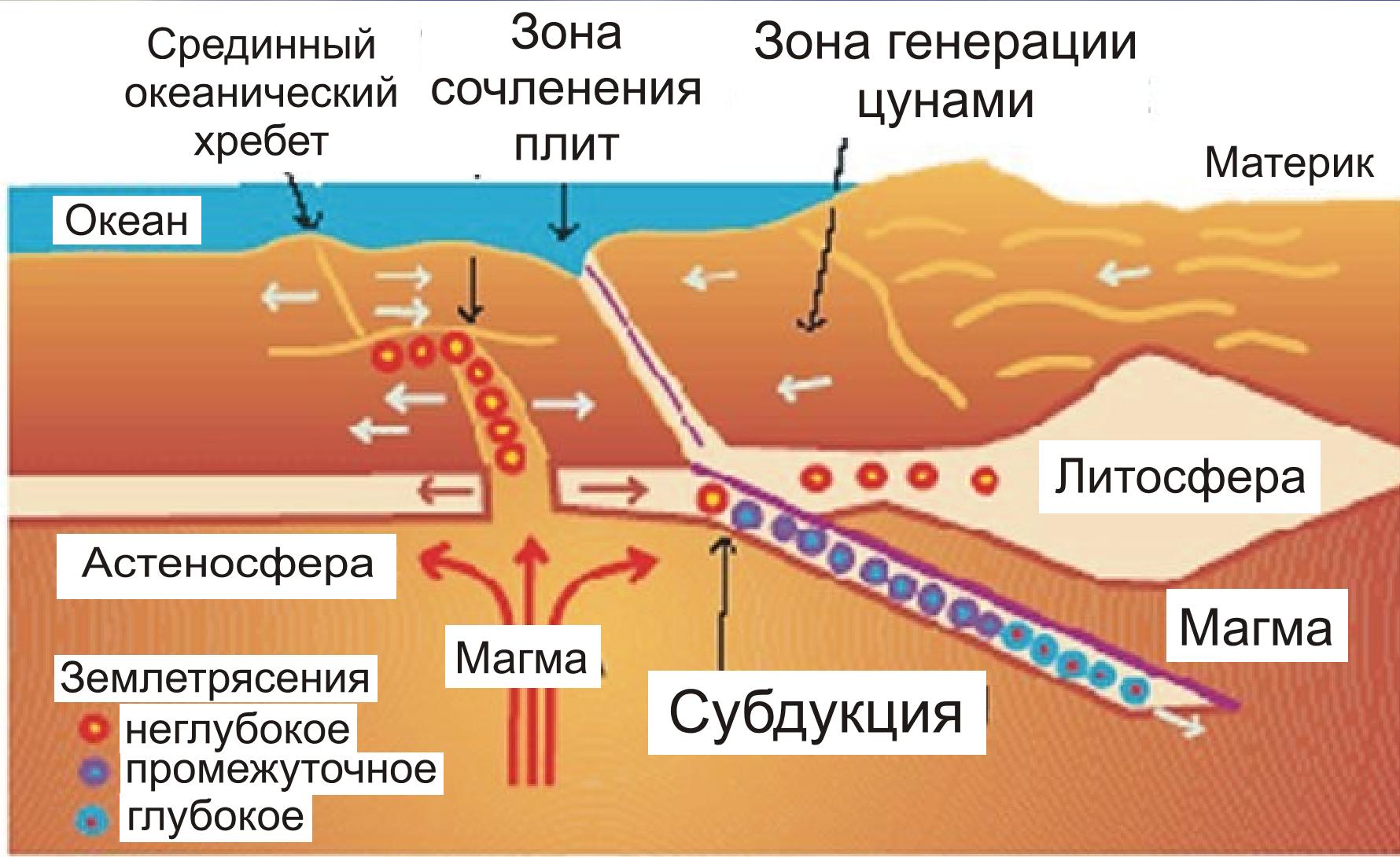
Знания о цунами здесь передавались из поколения в поколение, и местные жители хорошо представляли себе опасность этого явления. На этом острове погибло 7 чел. из 78 тыс. населения.



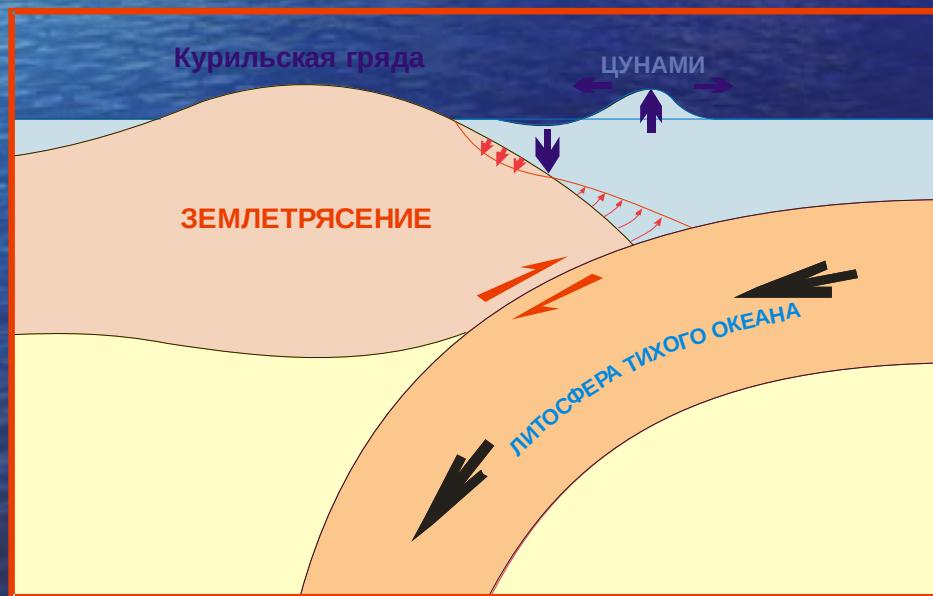
## Карта сейсмичности



## Природа тектонических землетрясений



# Генерация цунами подводным землетрясением



## Сильнейшие землетрясения в мире (с 1900 г.)

<i>Место</i>	<i>Дата и время</i>	<i>Сила</i>
Чили	22 мая 1960	9,5
К СЗ от о. Суматра	26 декабря 2004	9,3
Пролив Принца Уильяма, Аляска	28 марта 1964	9,2
Андреяновы о-ва, Аляска	9 марта 1957	9,1
Камчатка	4 ноября 1952	9,0
К западу от побережья Эквадора	31 января 1906	8,8
О-ва Рат, Аляска	4 февраля 1965	8,7
Ассам, Тибет	15 августа 1950	8,6
Камчатка	3 февраля 1923	8,5
Море Банда	1 февраля 1938	8,5
Курильские о-ва	13 октября 1963	8,5

## Разрушение зданий



Разрывы линий электропередач



Образование оползней



## Образование разломов



# Интенсивность (бальность) землетрясения

1 б а л л -незаметное. Микросейсмические колебания, отмечаемые только приборами.

2 б а л л а -очень слабое. Ощущается немногими нервными людьми, находящимися в состоянии покоя.

3 б а л л а – слабое. Ощущается небольшой частью населения в форме сотрясения, как от проехавшего мимо автомобиля.

4 б а л л а -умеренное. Под открытым небом ощущается немногими людьми, а в помещениях многими; слабый звон посуды и оконных стекол, скрип дверей и полов.

5 б а л л о в -довольно сильное. Отмечается большинством людей. Сотрясение зданий, как от падения и дома тяжелого предмета. Качание висящих предметов, колебание стульев, кроватей.

# Интенсивность (бальность) землетрясения

**6 баллов** -сильное. Ощущается всеми, очень многие выбегают на улицу. Падение картин, книг, посуды. Легкое повреждение некоторых зданий.

**7 баллов** -очень сильное. В домах падает мебель. Падение кусков штукатурки. Значительные повреждения некоторых зданий, дымовых труб.

**8 баллов** -разрушительное. Сильное повреждение домов, большие трещины в стенах, некоторые стены и все трубы обваливается. Падение башен и фабричных труб.

**9 баллов** -опустошительное. Обвалы в некоторых зданиях. Обрушение стен, перегородок, кровли. В грунтах образуются трещины шириной до 10 см. Обвалы, осьпи и оползни в горах.

# Интенсивность (бальность) землетрясения

10 баллов -уничтожающее. Обвалы во многих зданиях, в других - серьезные повреждения. Треугольники в грунте до 1 метра шириной, обвалы, оползни. За счет завалов речных долин образуются озера.

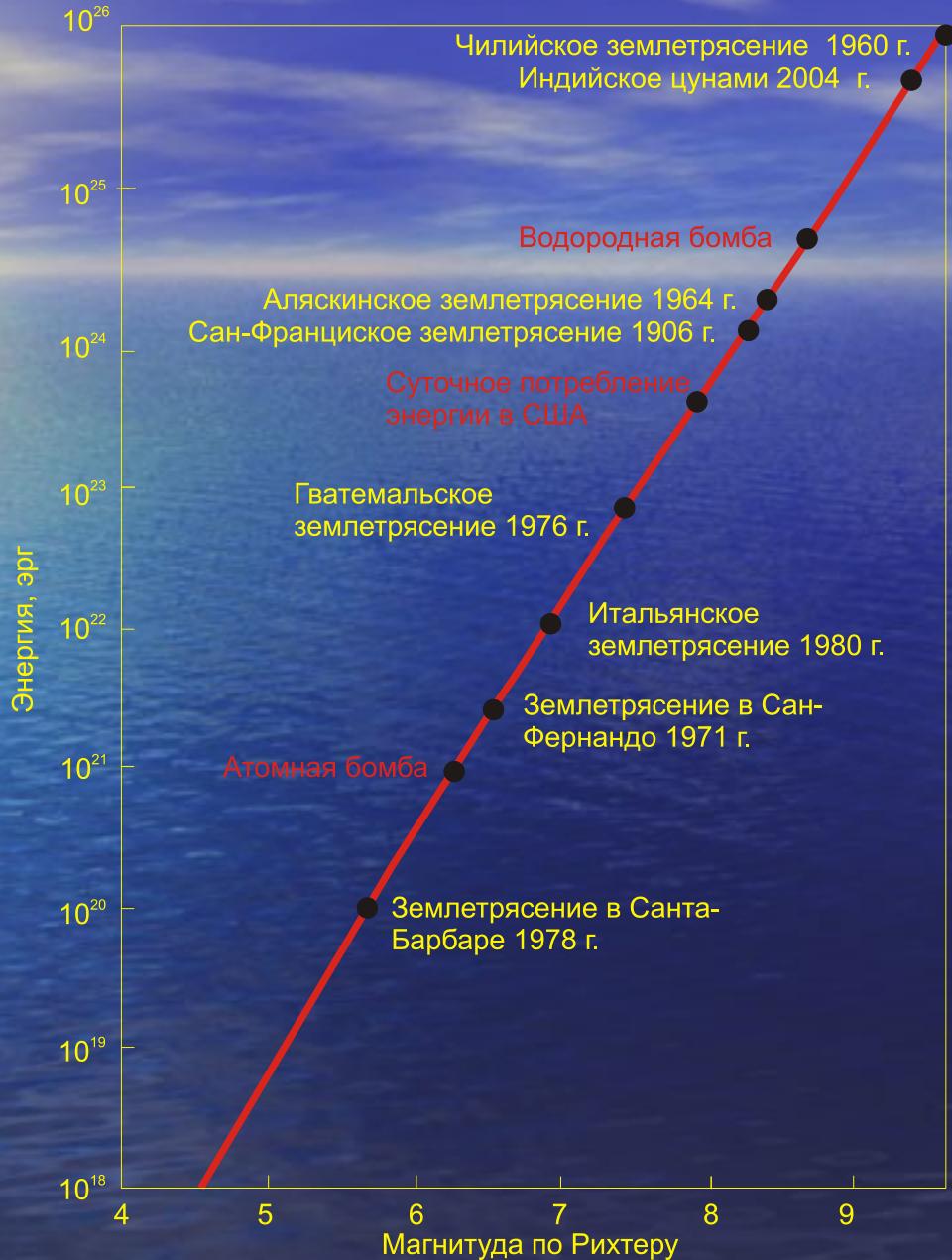
11 баллов -катастрофа. Широкие трещины в земной коре, многочисленные оползни и обвалы. Вертикальные перемещения по возникшим трещинам. Общее разрушение зданий и мостов.

12 баллов -сильная катастрофа. Изменения в земной коре достигают громадных размеров. Изменение рельефа местности. Многочисленные трещины в грунте, горизонтальные и вертикальные перемещения по ним. Огромные обвалы и оползни. Изменение русел рек, образование водопадов и озер. Общее разрушение всех зданий и сооружений.

**Магнитуда землетрясения** — величина, характеризующая энергию, выделившуюся при землетрясении в виде сейсмических волн. Первоначальная шкала магнитуды была предложена Рихтером в 1935, поэтому в обиходе значение магнитуды ошибочно называют шкалой Рихтера.

**Количество освобождаемой энергии при землетрясениях колоссально. По разным подсчетам крупные землетрясения освобождают энергию достигающую  $\sim 10^{26}$  эргов, что во много раз превышает энергию атомных бомб. Энергия бомбы в Хиросиме составляла  $\sim 10^{21}$  эргов.**

# Энергия землетрясений

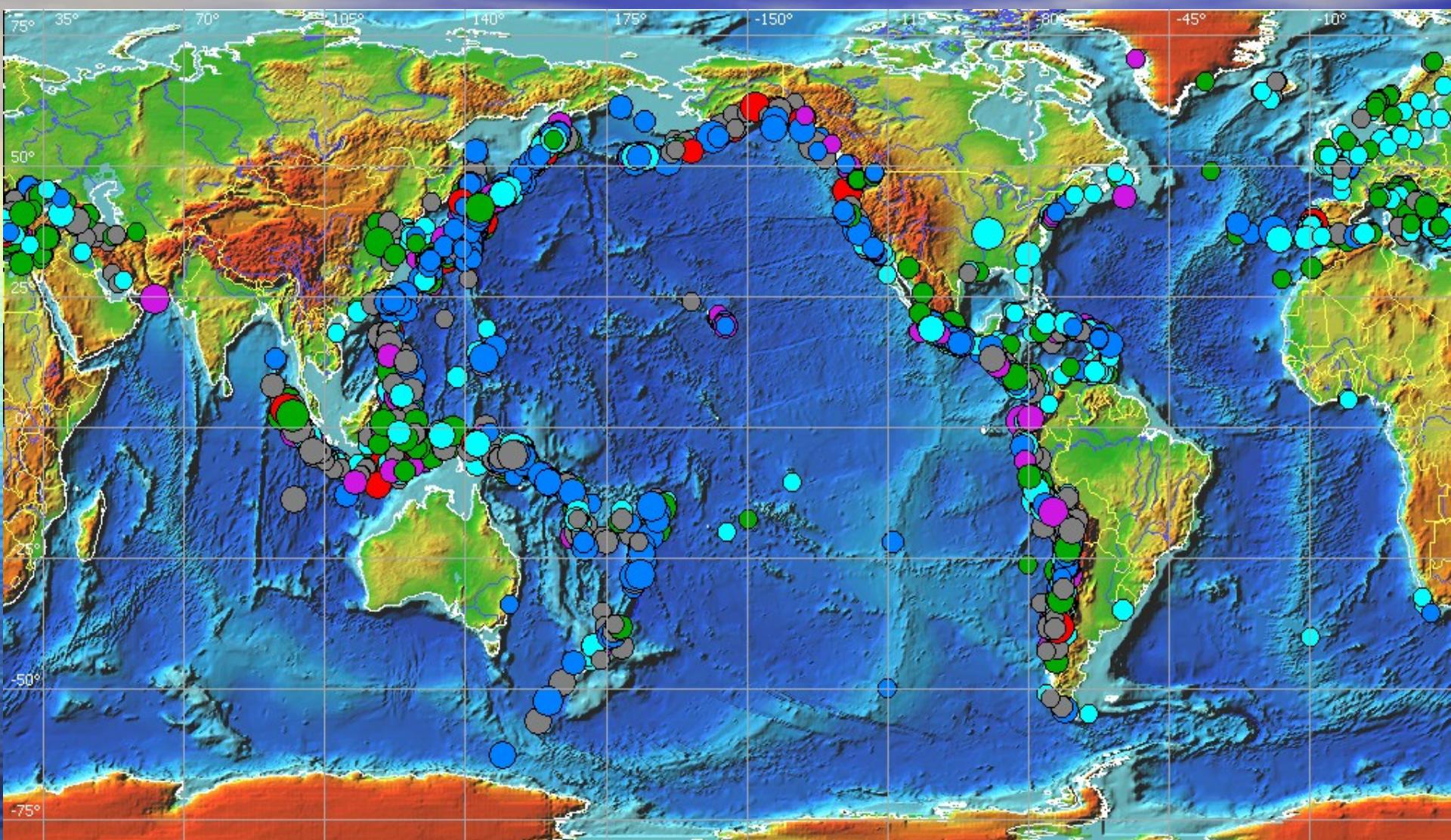


Магнитуда	Энергия землетрясений			Эквивалент в атомных бомбах		
	M	Эрг	Тонн ТНТ	Мегатонн ТНТ	Хиросима	Нагасаки
4.0		$6.3 \cdot 10^{17}$	$1.51 \cdot 10^{01}$	- -	0.00	0.00
4.5		$3.5 \cdot 10^{18}$	$8.48 \cdot 10^{01}$	- -	0.01	0.00
5.0		$2.0 \cdot 10^{19}$	$4.77 \cdot 10^{02}$	- -	0.03	0.02
5.5		$1.1 \cdot 10^{20}$	$2.68 \cdot 10^{03}$	- -	0.18	0.13
6.0		$6.3 \cdot 10^{20}$	$1.51 \cdot 10^{04}$	0.02	1.00	0.75
6.5		$3.5 \cdot 10^{21}$	$8.48 \cdot 10^{04}$	0.08	5.6	4.2
7.0		$2.0 \cdot 10^{22}$	$4.77 \cdot 10^{05}$	0.48	31.7	23.8
7.5		$1.1 \cdot 10^{23}$	$2.68 \cdot 10^{06}$	3	178.1	133.6
8.0		$6.3 \cdot 10^{23}$	$1.51 \cdot 10^{07}$	15	1,002	751
8.5		$3.5 \cdot 10^{24}$	$8.48 \cdot 10^{07}$	85	5632	4224
9.0		$2.0 \cdot 10^{25}$	$4.77 \cdot 10^{08}$	477	31671	23753
9.5		$1.1 \cdot 10^{26}$	$2.68 \cdot 10^{09}$	2682	178098	133574

## Наиболее разрушительные цунами

Число жертв	Места возникновения	Год
200 000	Индийский океан (Индонезия, Индия, Шри-Ланка, Таиланд, Сомали, Мьянма, и др.)	2004
100 000	Лиссабонское землетрясение: Португалия и Марокко	1755
100 000	Ава, Япония	1703
70 000	Мессинский пролив, Италия	1908
40 000	Южно-Китайское море, Тайвань	1782
36 000	Вулкан Кракатау	1883
30 000	Токайдо-Нанкайдо, Япония	1707
27 000	Япония	1826
25 674	Чили	1868
22 070	Санрику, Япония	1896
15 030	ЮЗ Кюсю, Япония	1792
13 486	разлом Рюкю, Япония	1771
5233	Токайдо-Кашима, Япония	1703
5000	Нанкайдо, Япония	1605

# География цунами в Мировом океане



## Самые высокие волны цунами

**"Литуя". 9 июля 1958 г. огромный оползень вызвал волну рекордной высоты (524 м), которая со скоростью 160 км/ч прокатилась по узкому, похожему на фьорд заливу Литуя на Аляске, США.**

**"о. Ланаи". Самая высокая цунами, вызванная сдвигом участка морского дна, обрушилась на о. Ланаи на Гавайях примерно 105 000 лет назад. От нее остались осадочные породы на высоте около 375 м.**

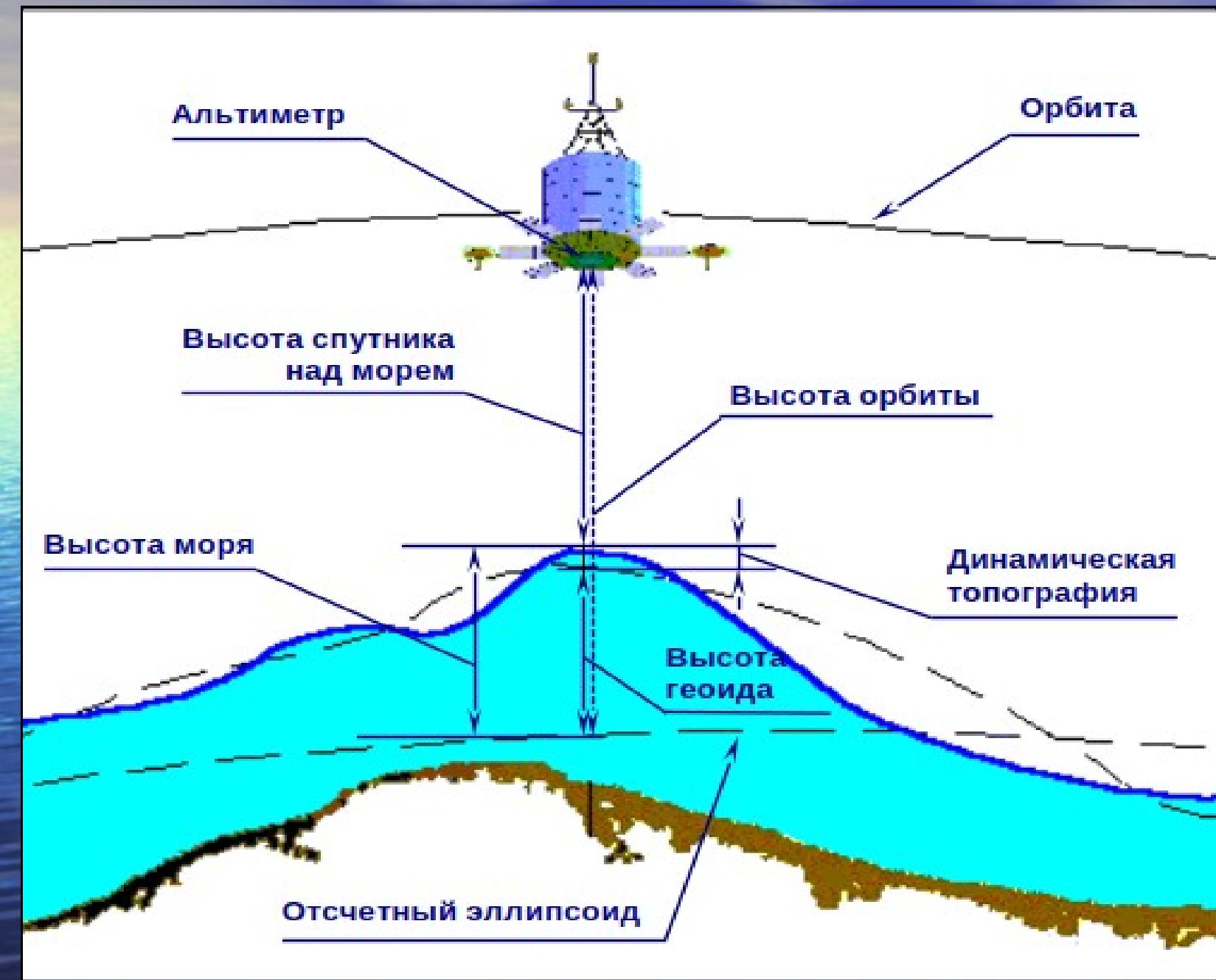
**"Рюкю". Самая высокая цунами, вызванная землетрясением, появилась 24 апреля 1771 г. у о. Иsigаки, который входит в архипелаг Рюкю, Япония, имеющий вулканическое происхождение. Эта волна, высота которой могла достигать 85 м, выворотила огромный обломок кораллового рифа весом 750 т и швырнула его более чем на 2,5 км.**

# Энергия цунами

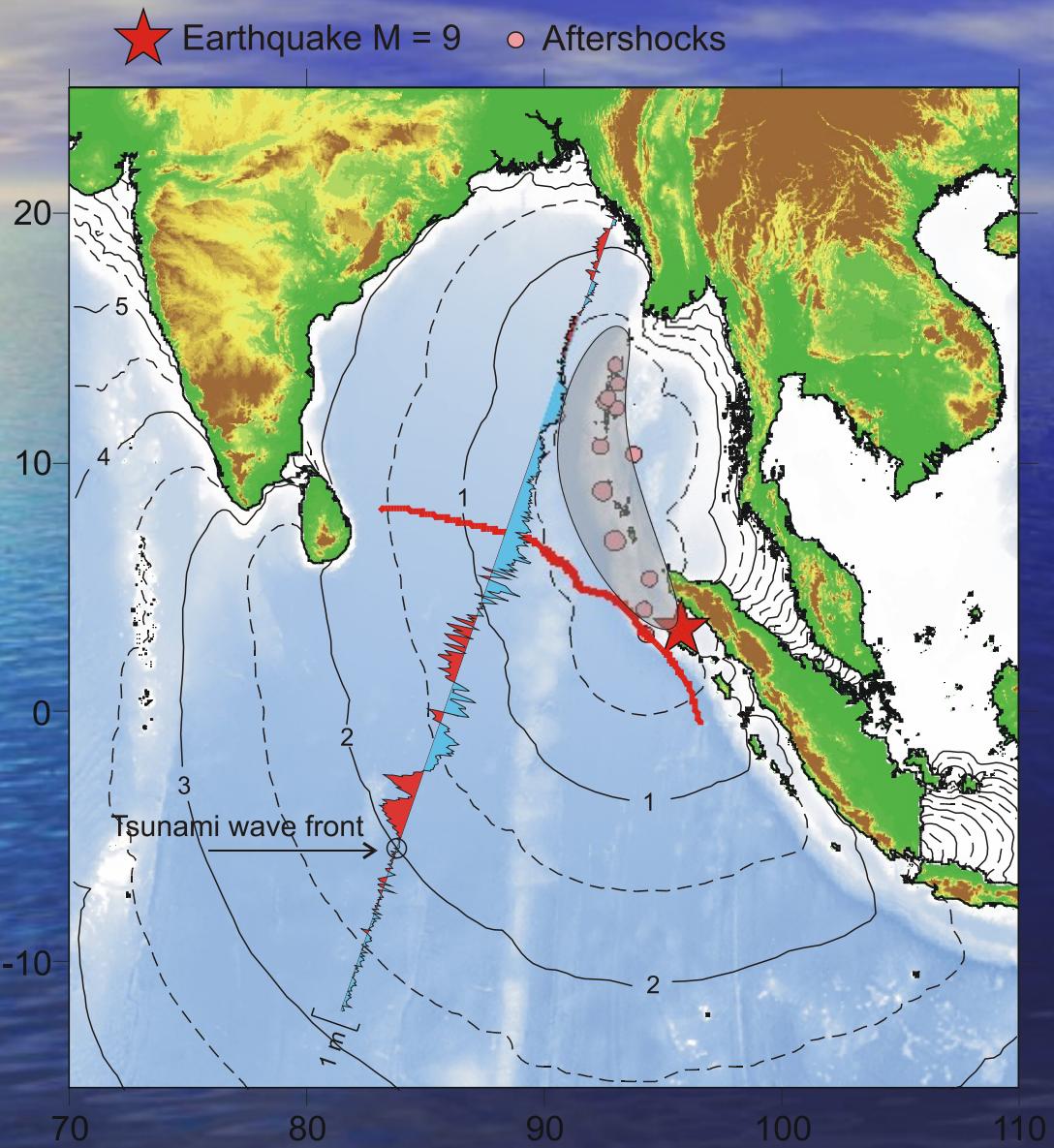
Для источника со средней высотой смещения поверхности 0.5 м размером 100\*1000 км\*км расчет энергии дает величину примерно  $10^{21}$  эрг, что равняется энергии бомбы, взорванной в Хиросиме.

Согласно расчетам канадского ученого Т.Мурти, энергия цунами 26 декабря 2004 г. оказалась в 390 раз больше! При этом «эффективность» (КПД) возбуждения цунами землетрясением не превышает 0.5%.

# Регистрация цунами из Космоса



# Обнаружение сигнала цунами 26 декабря 2004 г. Jason 1 (Cycle 109, track 129)

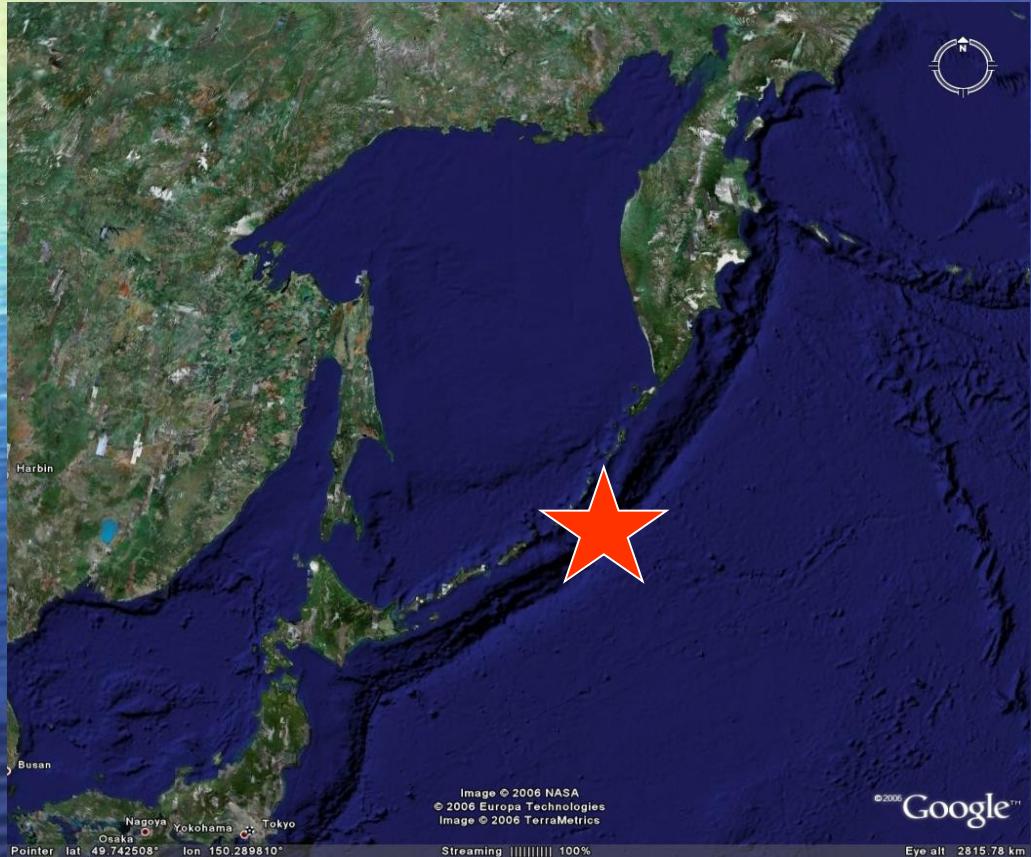




**Помни о землетрясении;  
почувствовав  
землетрясение, помни о  
циунами;  
увидев цунами, убегай  
в сопки.**

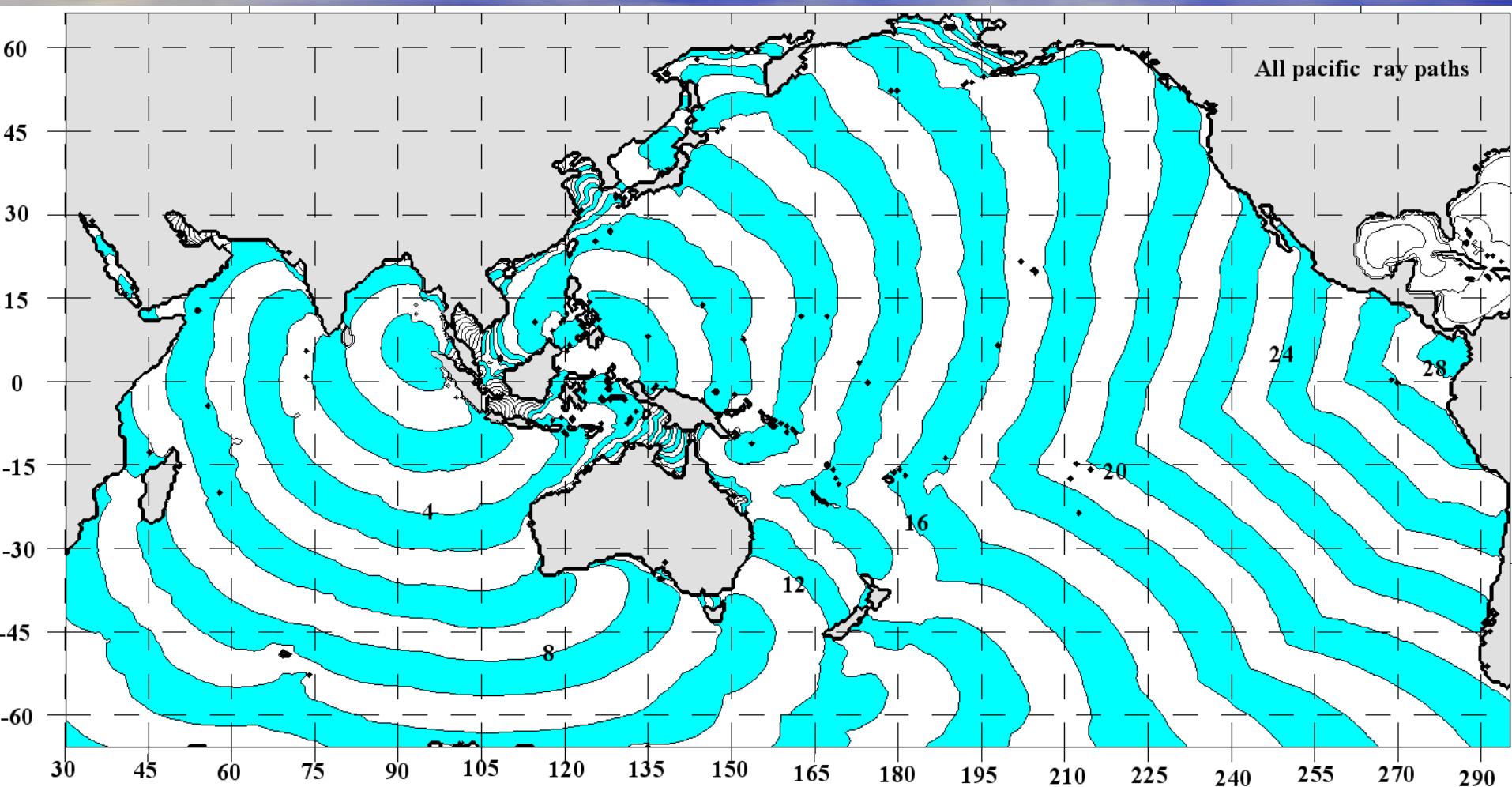
В японском городе Вакаяма установлен памятник мэру, который в XVIII веке, получив сообщение о приближающемся цунами, спас сограждан неожиданным способом. Мэр не успевал обежать все дома, но поднялся в горы и собственноручно поджег рисовые поля. Граждане бросились тушить пожар и спаслись таким образом от цунами.

# Сильнейшее землетрясение и цунами 15.11.2006 г. на Курильских островах: Оправдавшийся прогноз



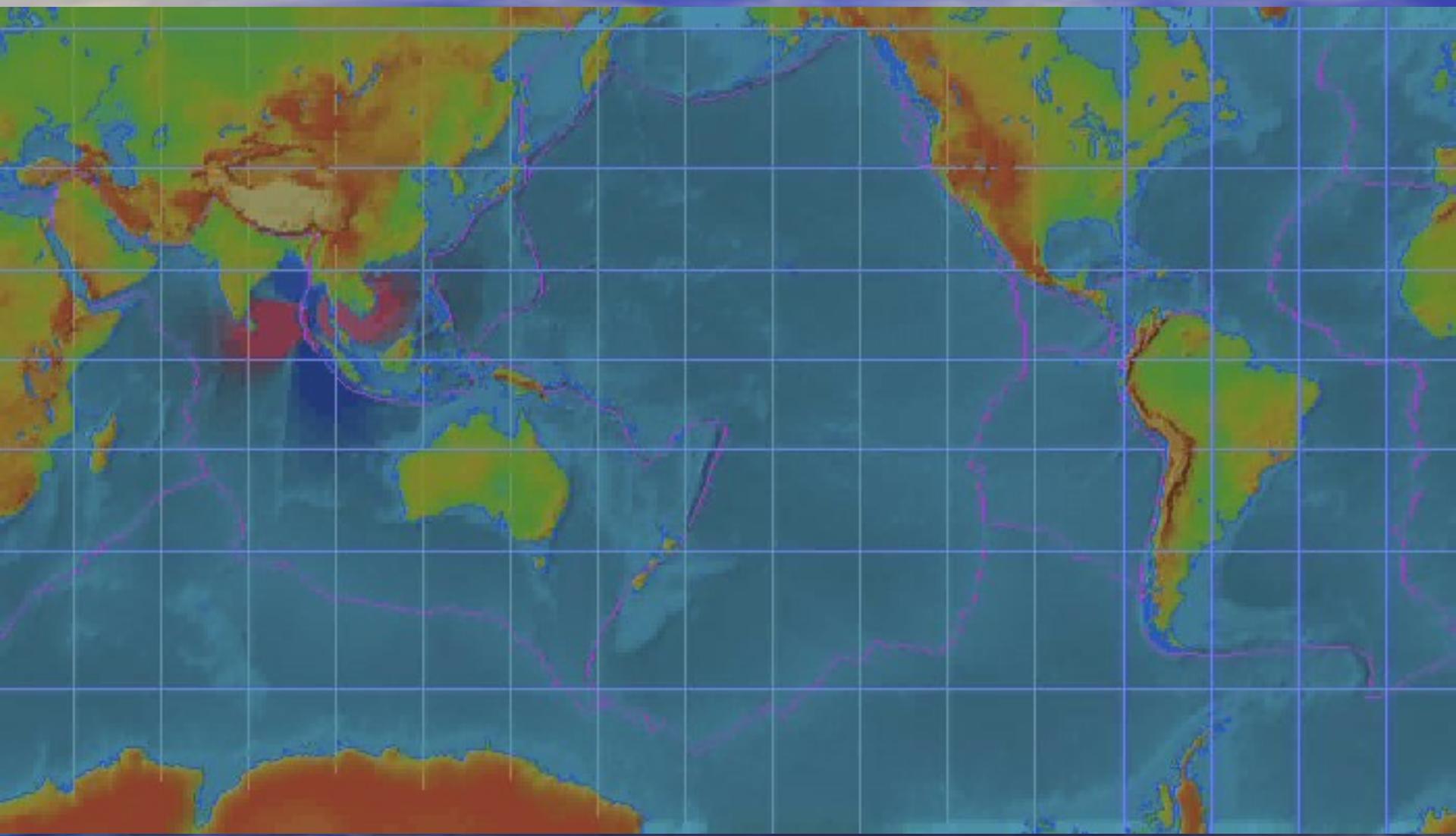
Л.И. Лобковский

Институт  
океанологии РАН  
им. П.П. Ширшова



Результаты численного моделирования  
распространения цунами в Мировом океане

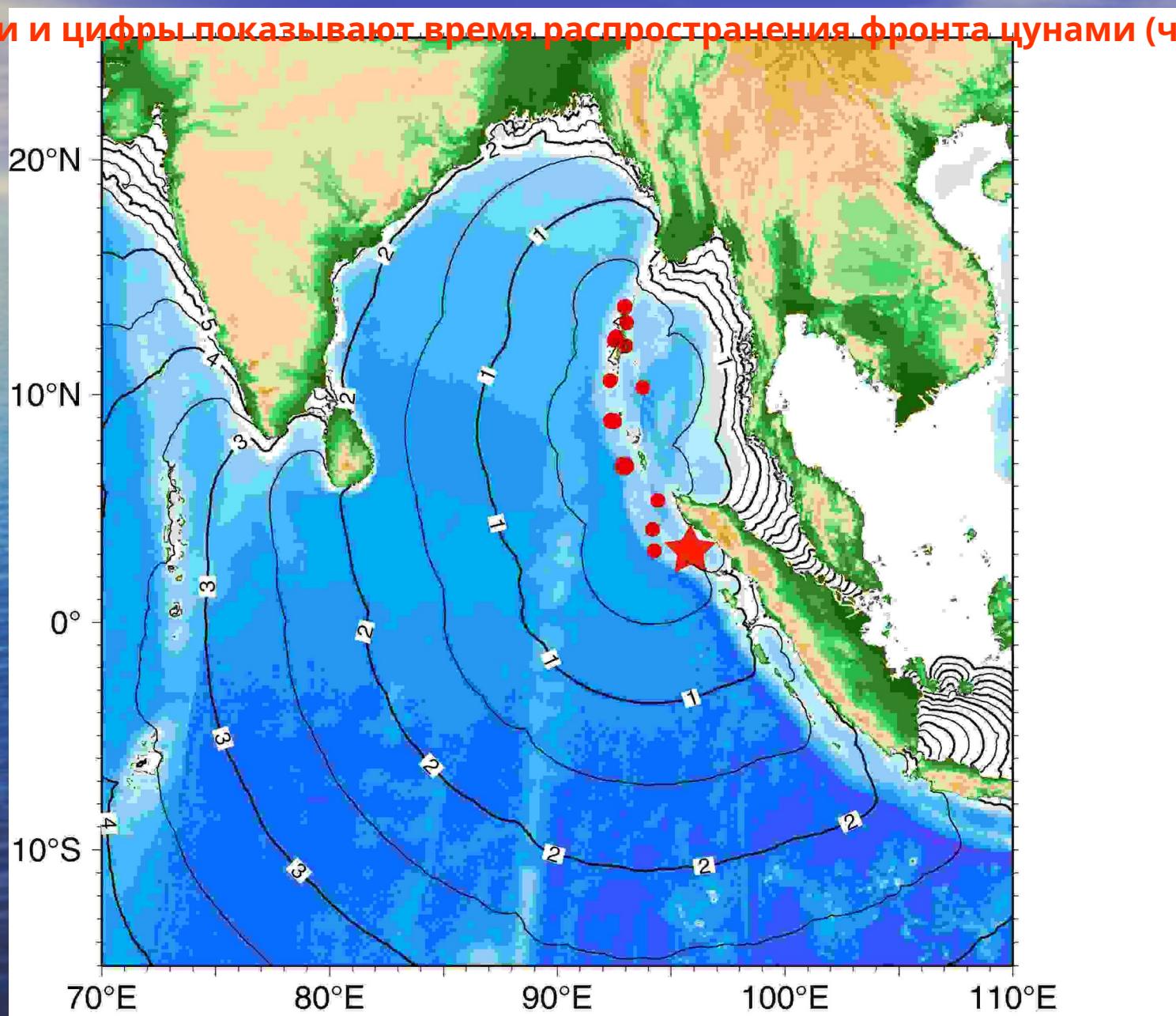
# Численная модель цунами 26 декабря 2004 г.



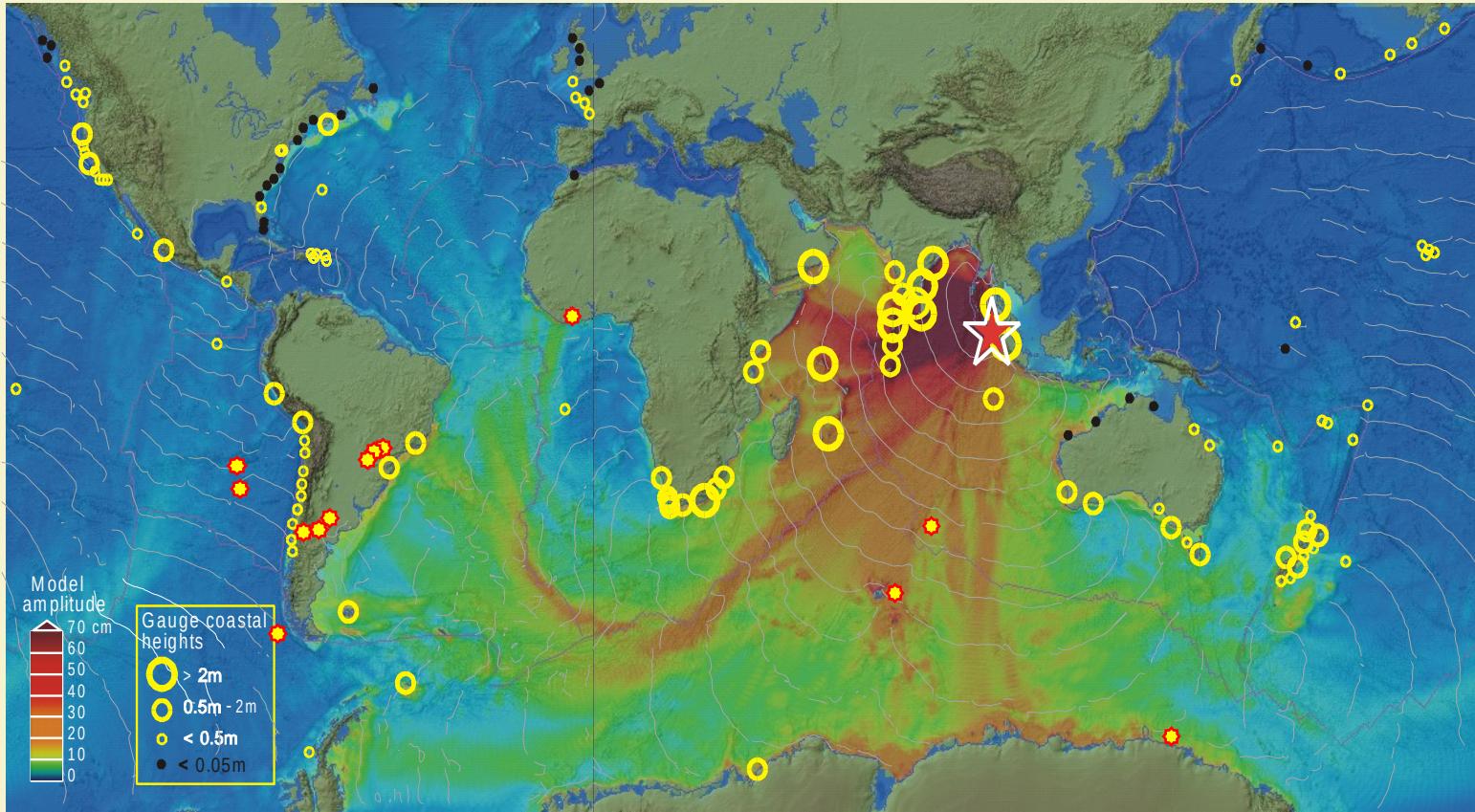
*Numerical model by V.V. Titov (PMEL/NOAA)*

# Гипоцентр и афтершоки сильнейшего землетрясения 26.12.2004.

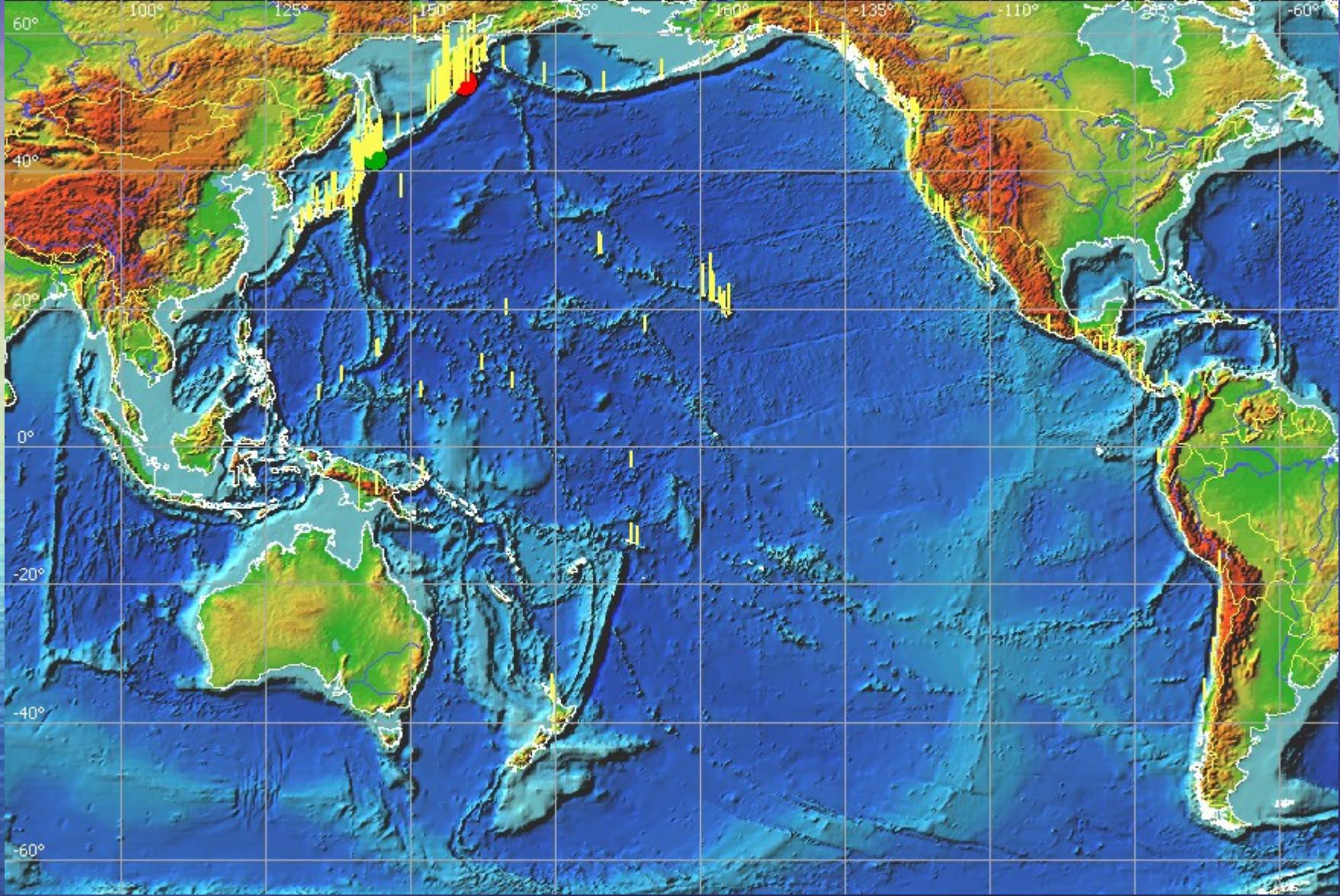
Изолинии и цифры показывают время распространения фронта цунами (часы)



# Цунами 26 декабря 2004 года: Расчет и наблюдения

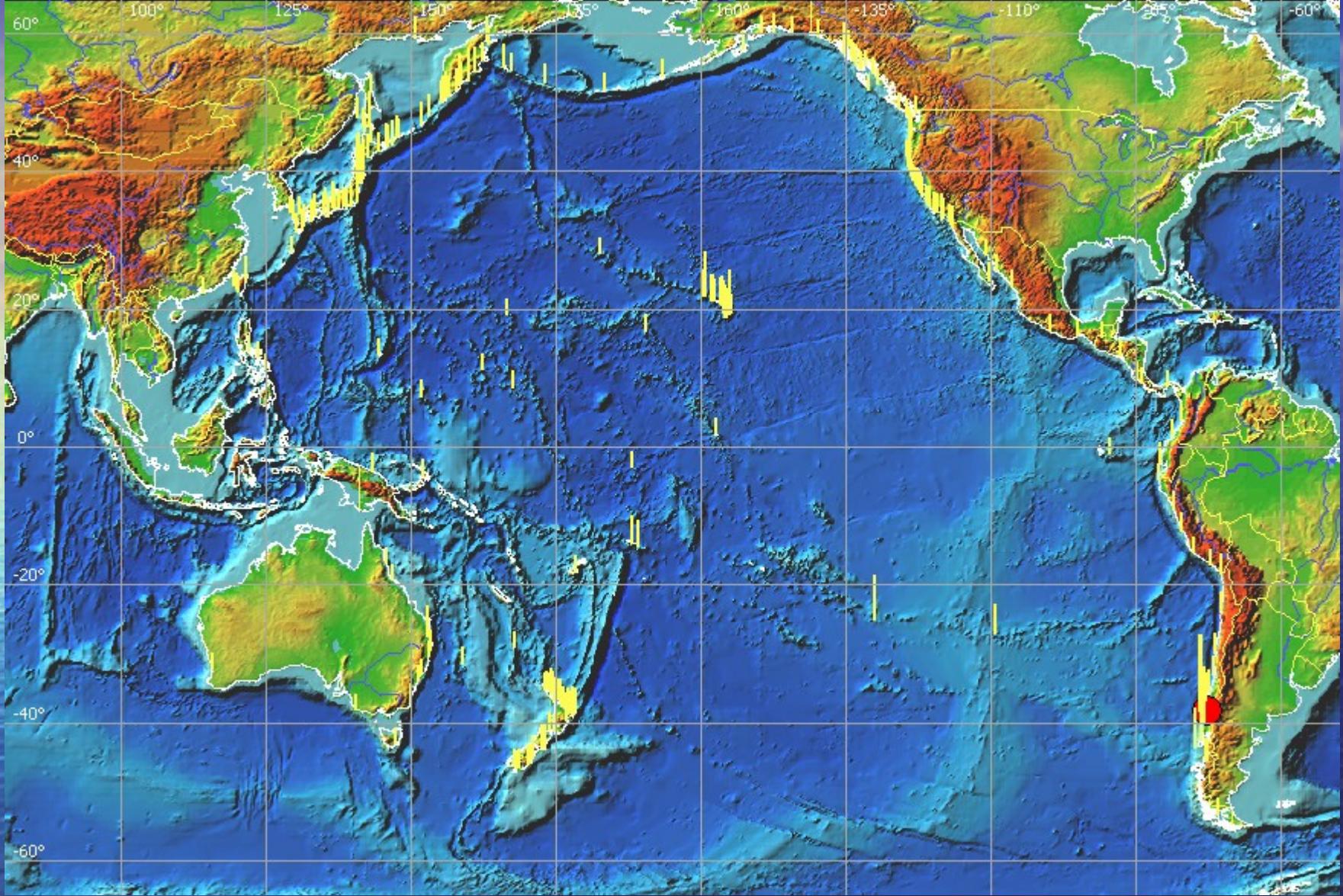


Расчет максимальных амплитуд цунами и метеографные наблюдения  
[Titov V.V., Rabinovich A.B. et al., *Science*, 2005]



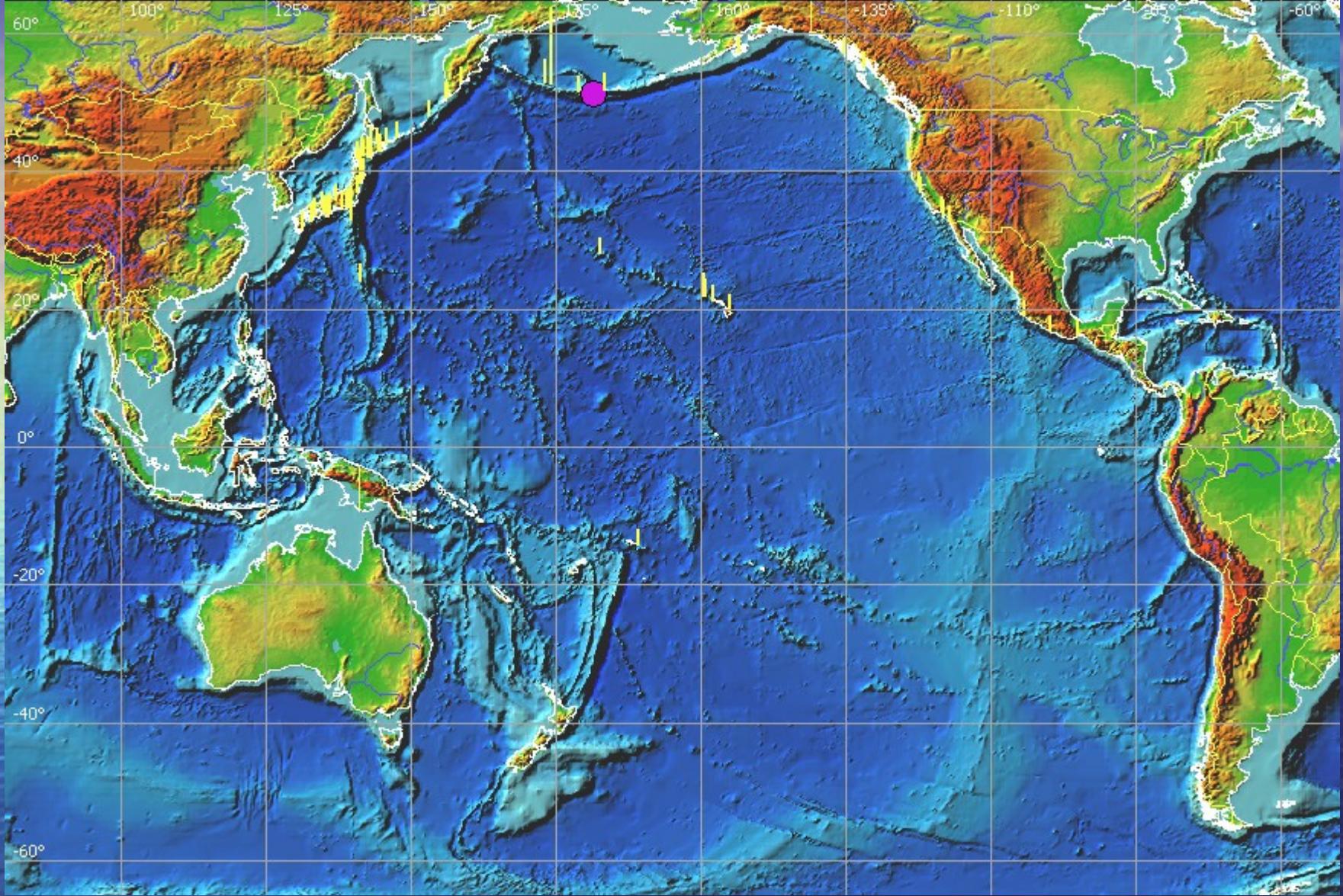
**Сильнейшее Камчатское  
землетрясение и катастрофическое  
цунами 1952 года**

Высота волны  
цунами – 30 м



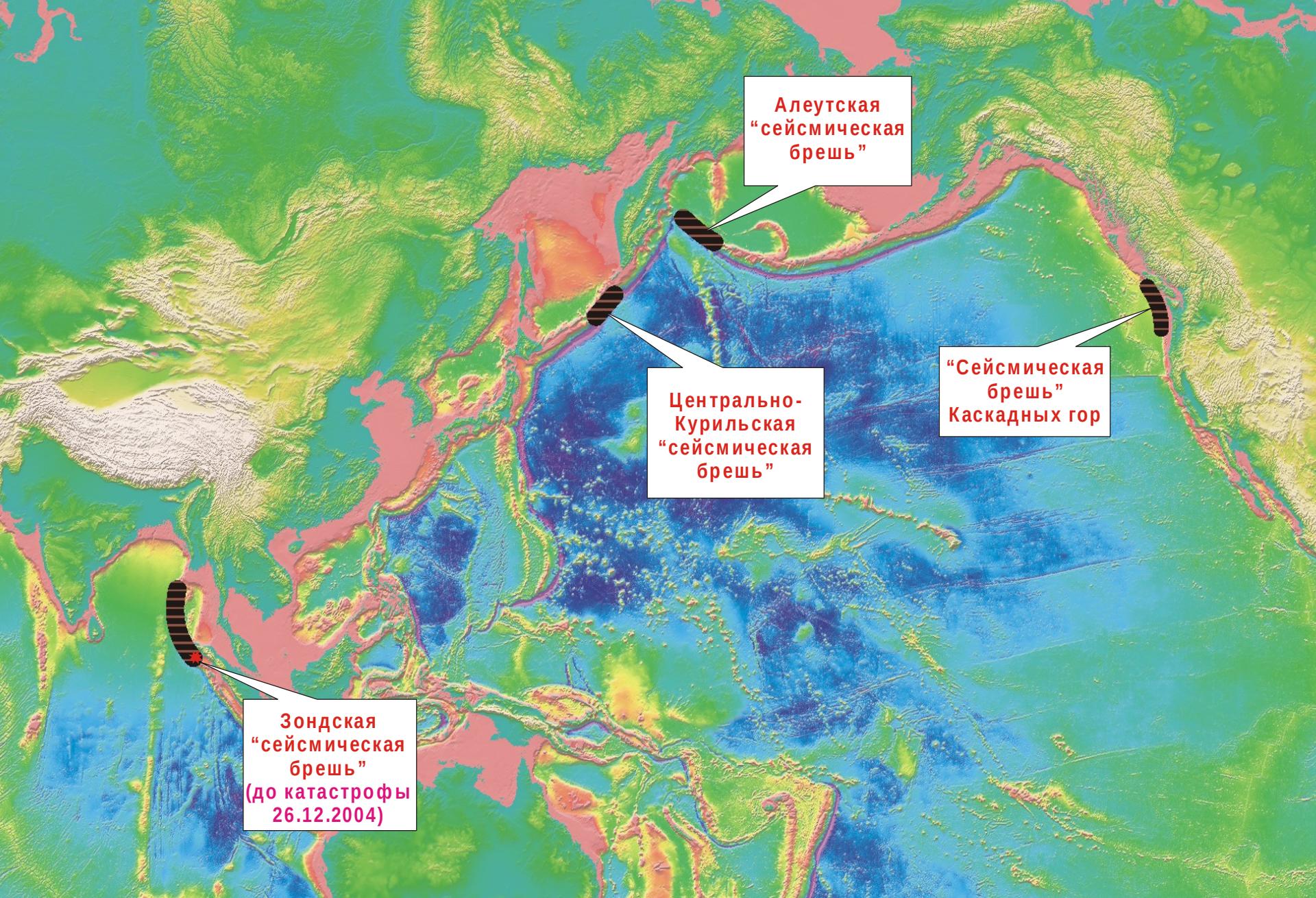
Сильнейшее Чилийское землетрясение и  
катастрофическое цунами 1960 года

Высота волны  
циunami – 30 м

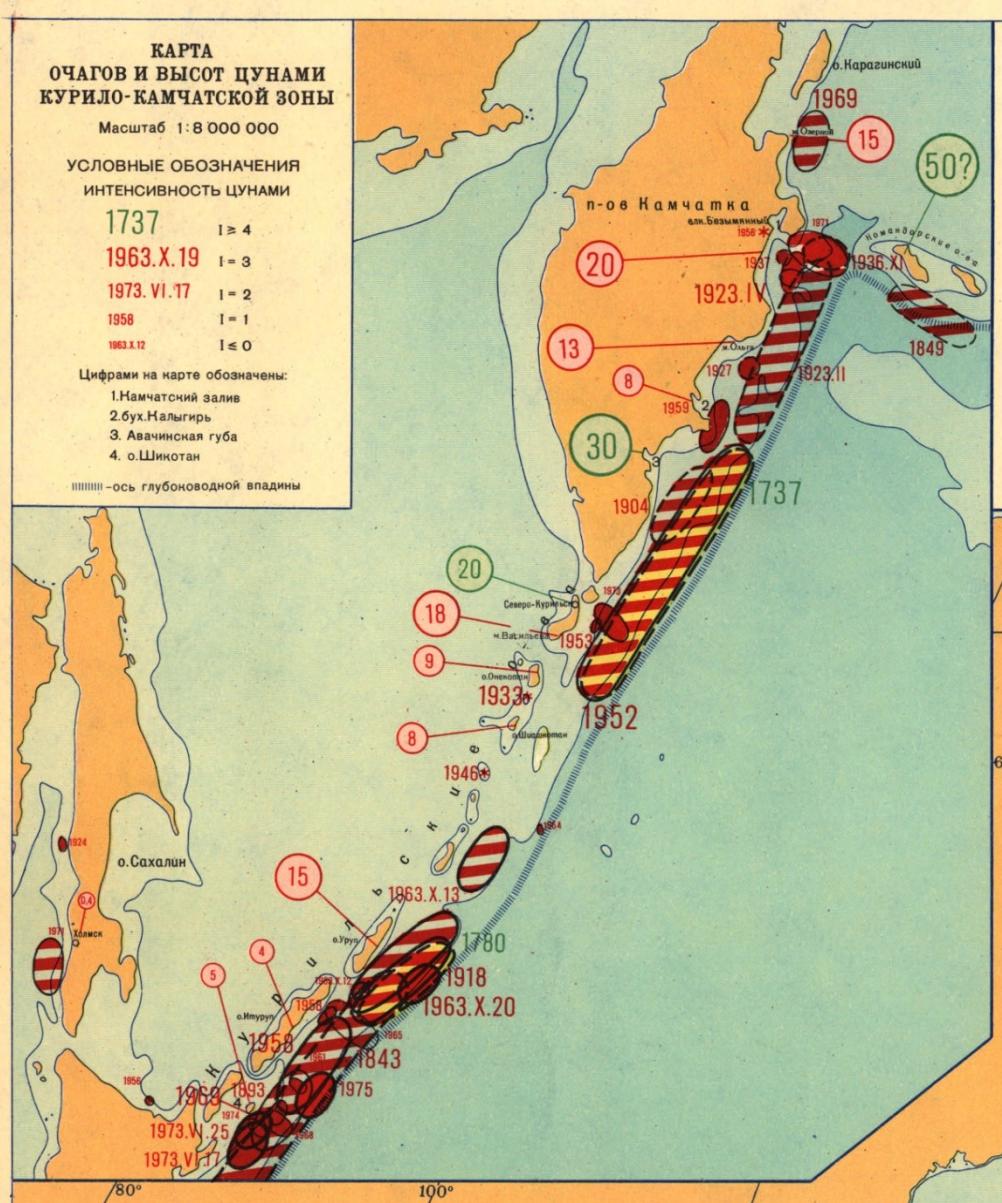
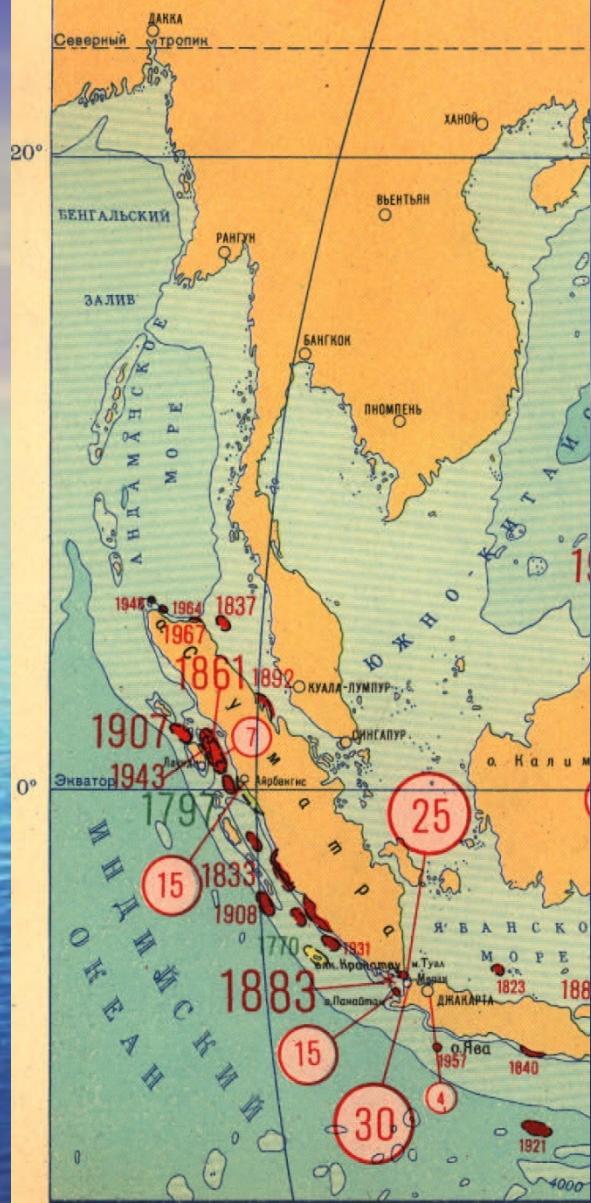


Сильнейшее Алеутское землетрясение и  
катастрофическое цунами 1965 года

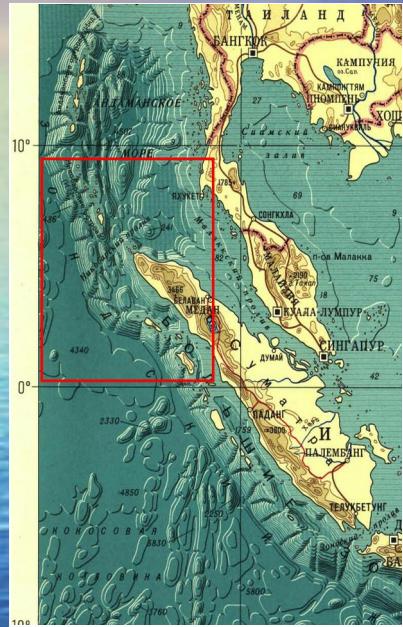
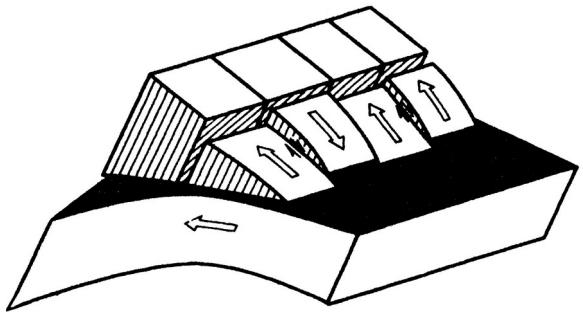
Высота волны  
циунами – 30 м



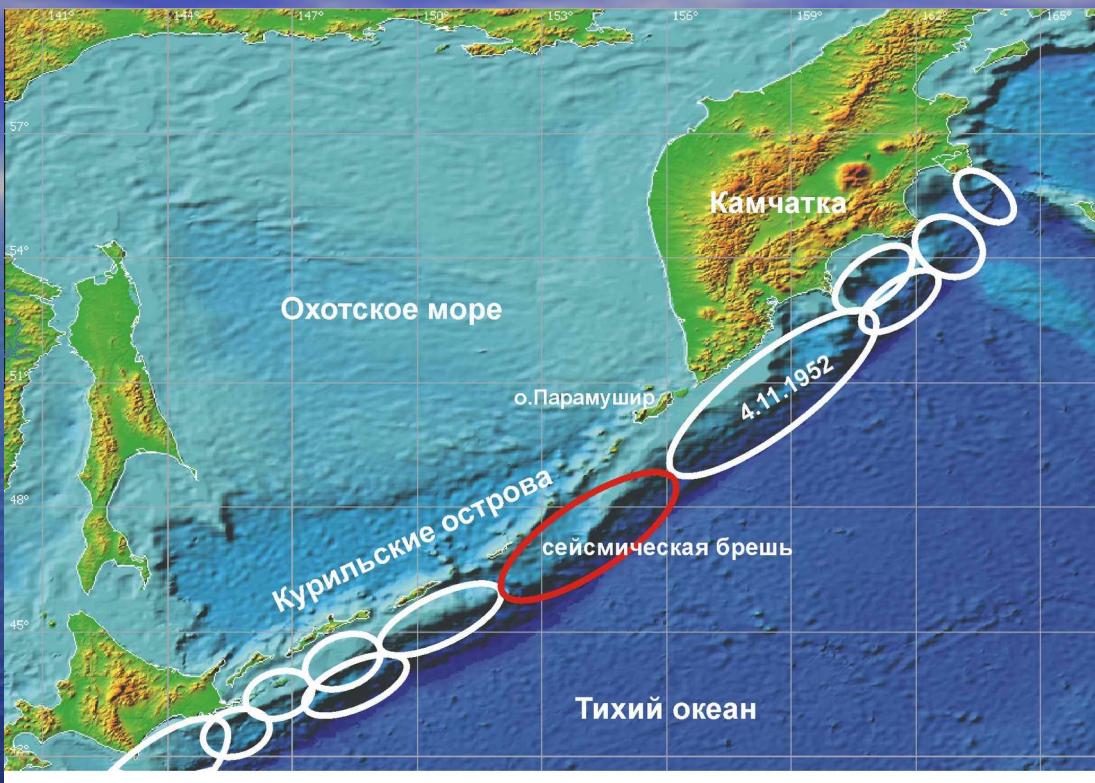
Крупнейшие сейсмические бреши Мира (конца XX – начала XXI вв.).



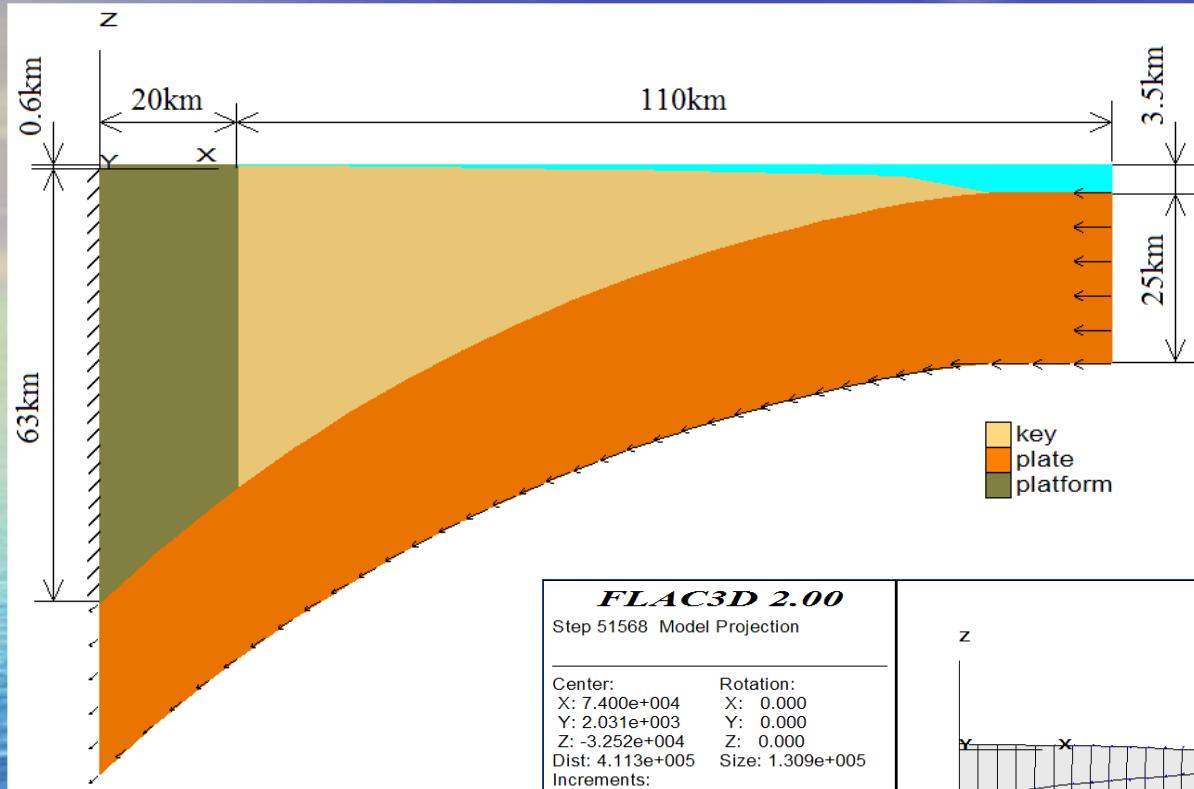
Карты очагов и высот цунами Курило-Камчатской и Зондской островных дуг за исторический период наблюдений. Видны сейсмические бреши к северу от Суматры (где произошло землетрясение и цунами 26.12.2004) и в центральном участке Курило-Камчатской дуги (где можно ожидать аналогичной катастрофы).



# Моделирование катастрофических цунами на основе клавишной модели субдукции, разработанной в Институте океанологии РАН



## Расчетная схема зоны субдукции



**FLAC3D 2.00**  
Step 51568 Model Projection

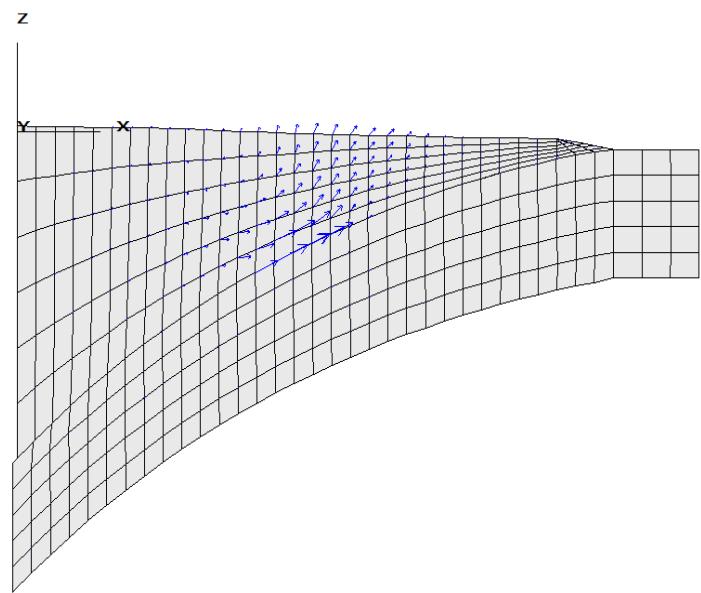
Center: X: 7.400e+004 Y: 2.031e+003 Z: -3.252e+004  
Rotation: X: 0.000 Y: 0.000 Z: 0.000  
Dist: 4.113e+005 Size: 1.309e+005  
Increments:  
Move: 1.438e+004 Rot.: 10.000

**Displacement**  
Maximum = 2.022e+001  
Linestyle —————

Axes

Linestyle —————

Igor Garagash  
IPE RAS

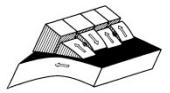


Распределение смещений.  
Максимальное смещение  
по разрыву равно 20м

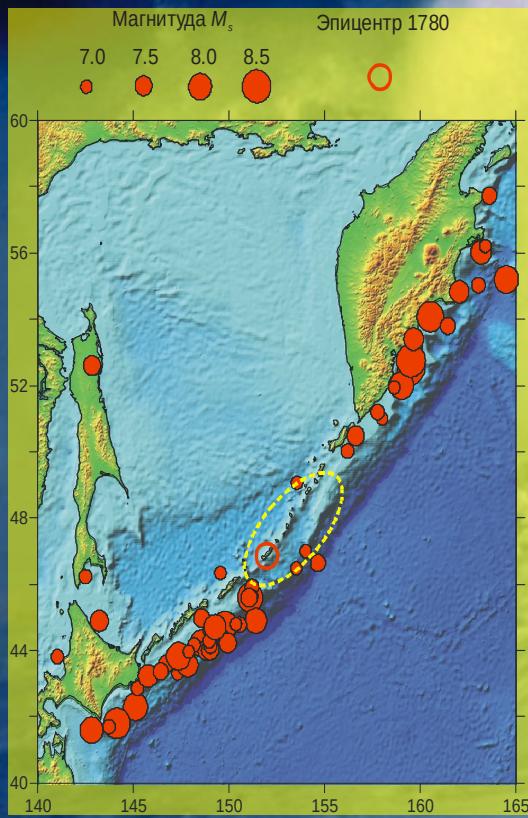
# Прогноз (2005): Численная модель

предполагаемого цунами



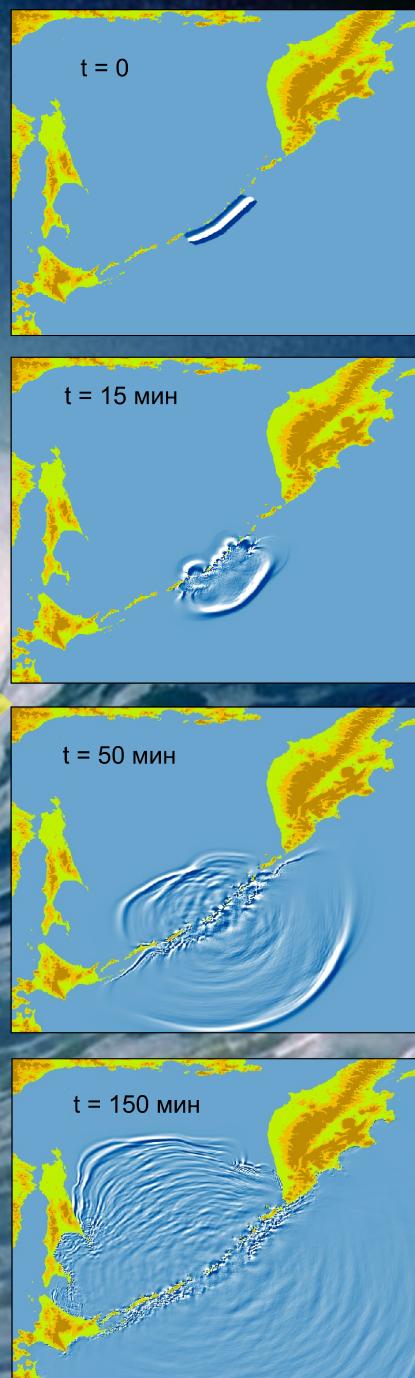


# Моделирование катастрофических цунами на основе клавишной модели субдукции, разработанной в Институте океанологии РАН

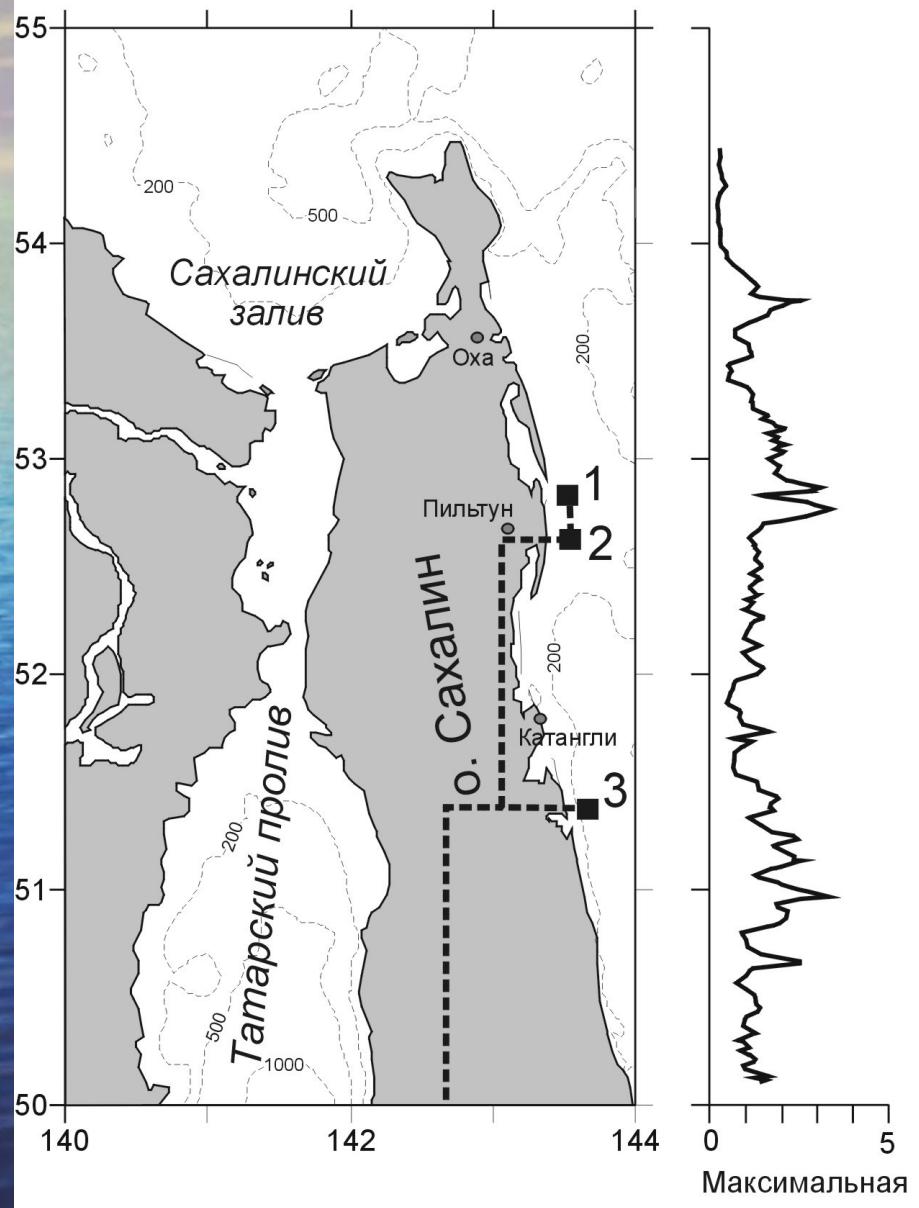


Карта цунамигенных землетрясений за период 1800 – 2004 гг. Желтой линией показана область «сейсмического молчания»

Положение фронта волны цунами через 15, 50 и 150 мин после возможного землетрясения в средней части Курильской дуги.



■ - Нефтяные платформы:  
1 - PA-B, 2 - PA-A (Molikraq), 3 - Lun-A  
----- нефте- и газопроводы



Magnitude

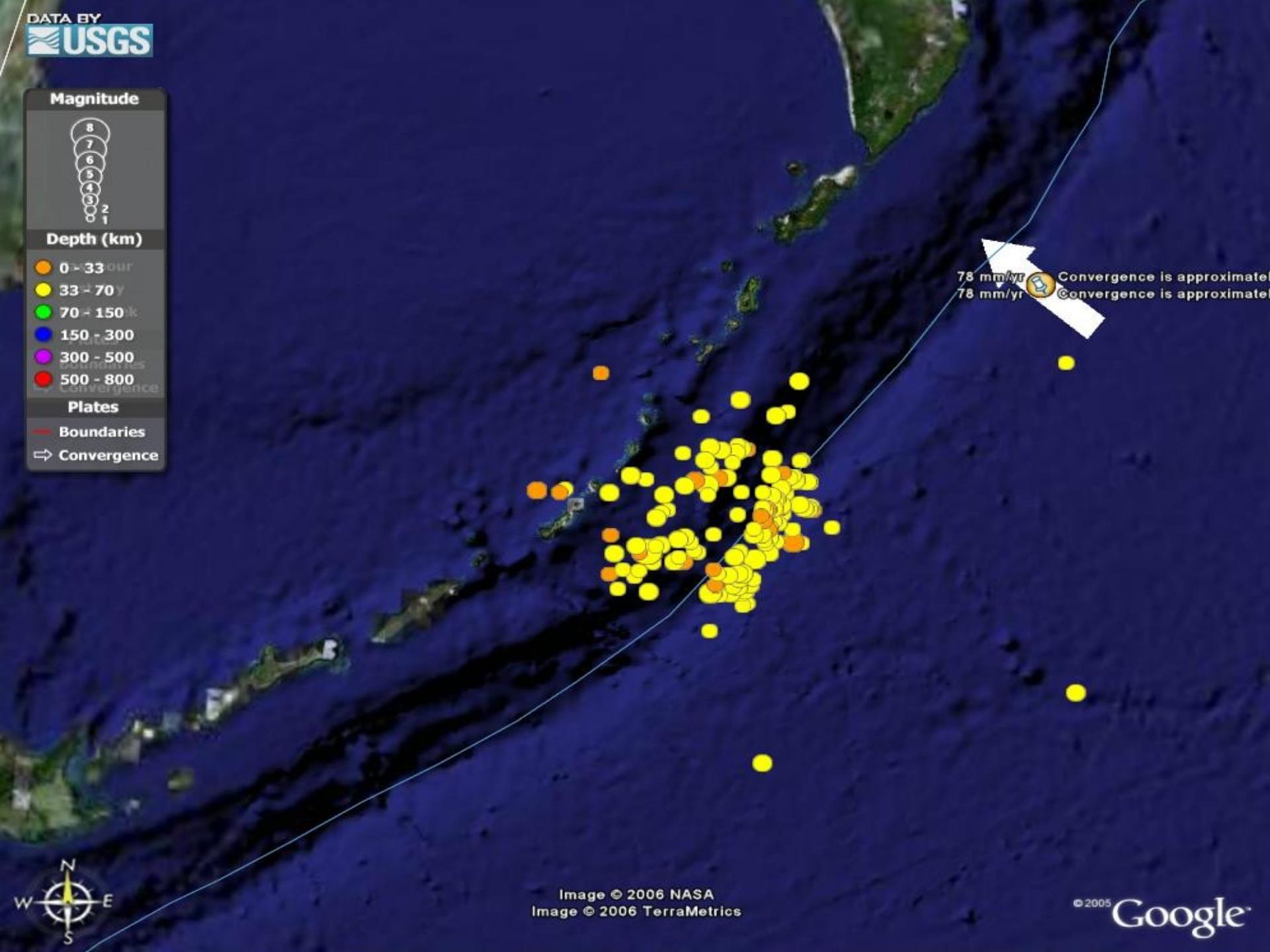


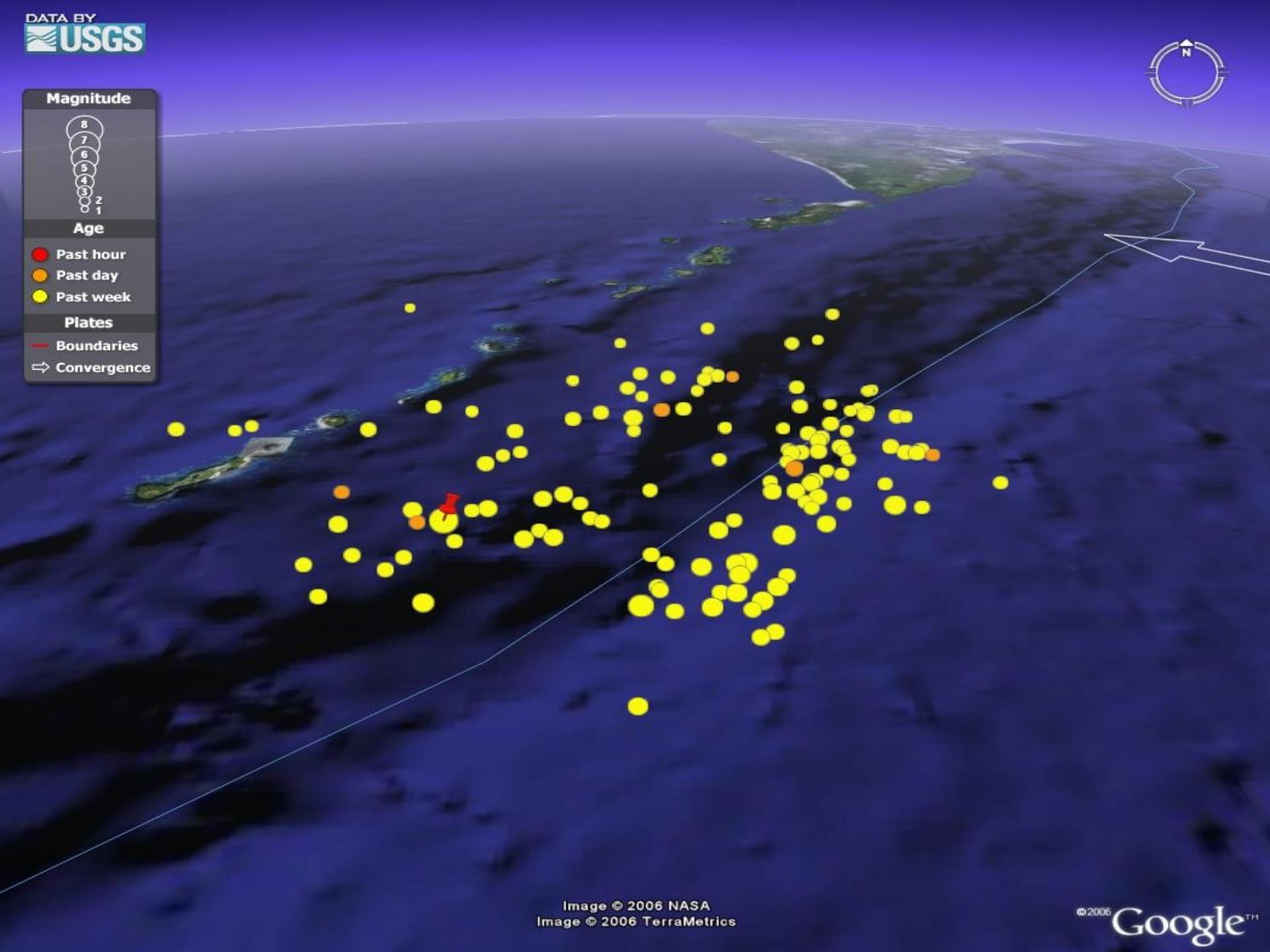
Depth (km)

- 0 - 33
- 33 - 70
- 70 - 150
- 150 - 300
- 300 - 500
- 500 - 800

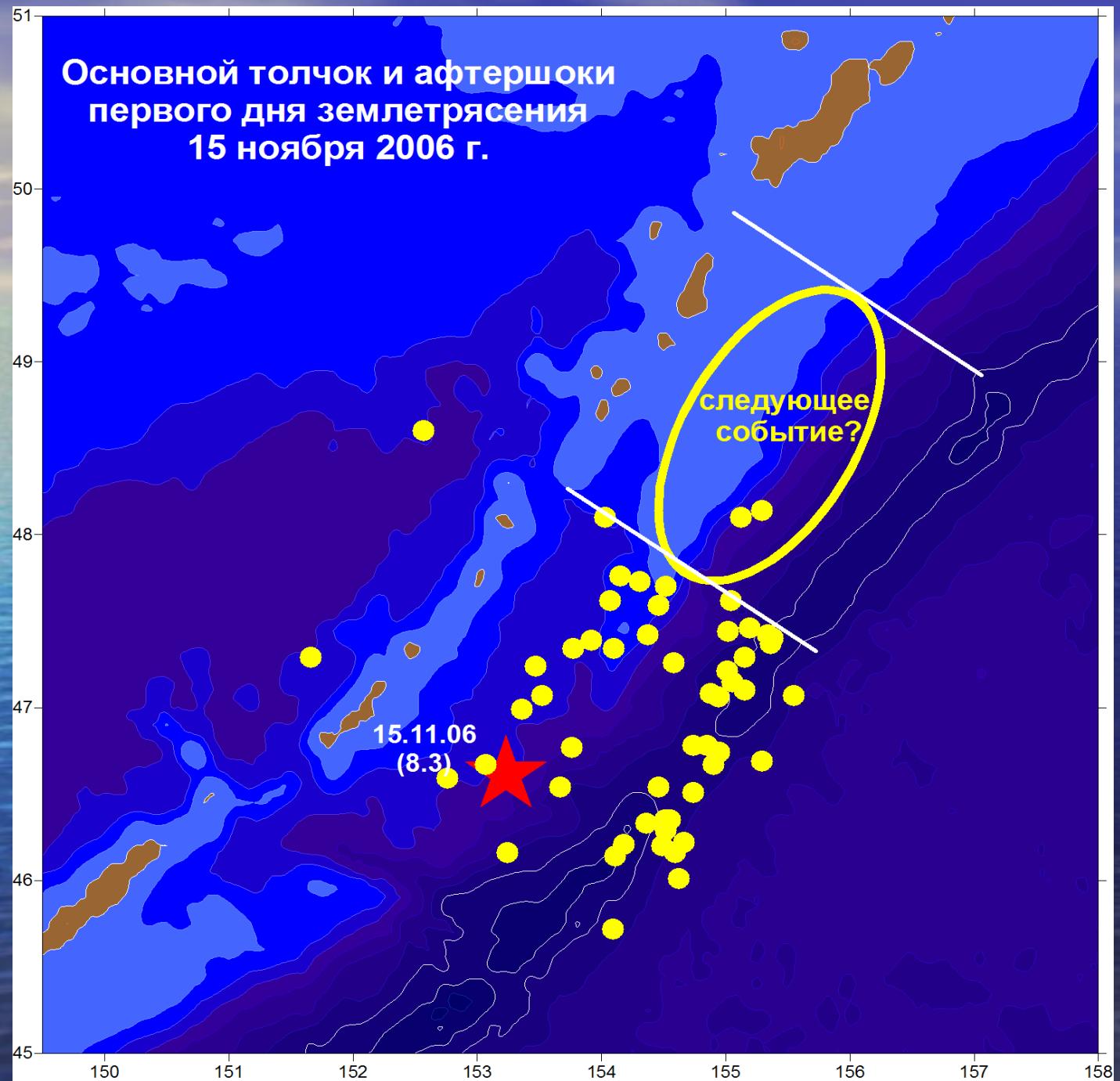
Convergence

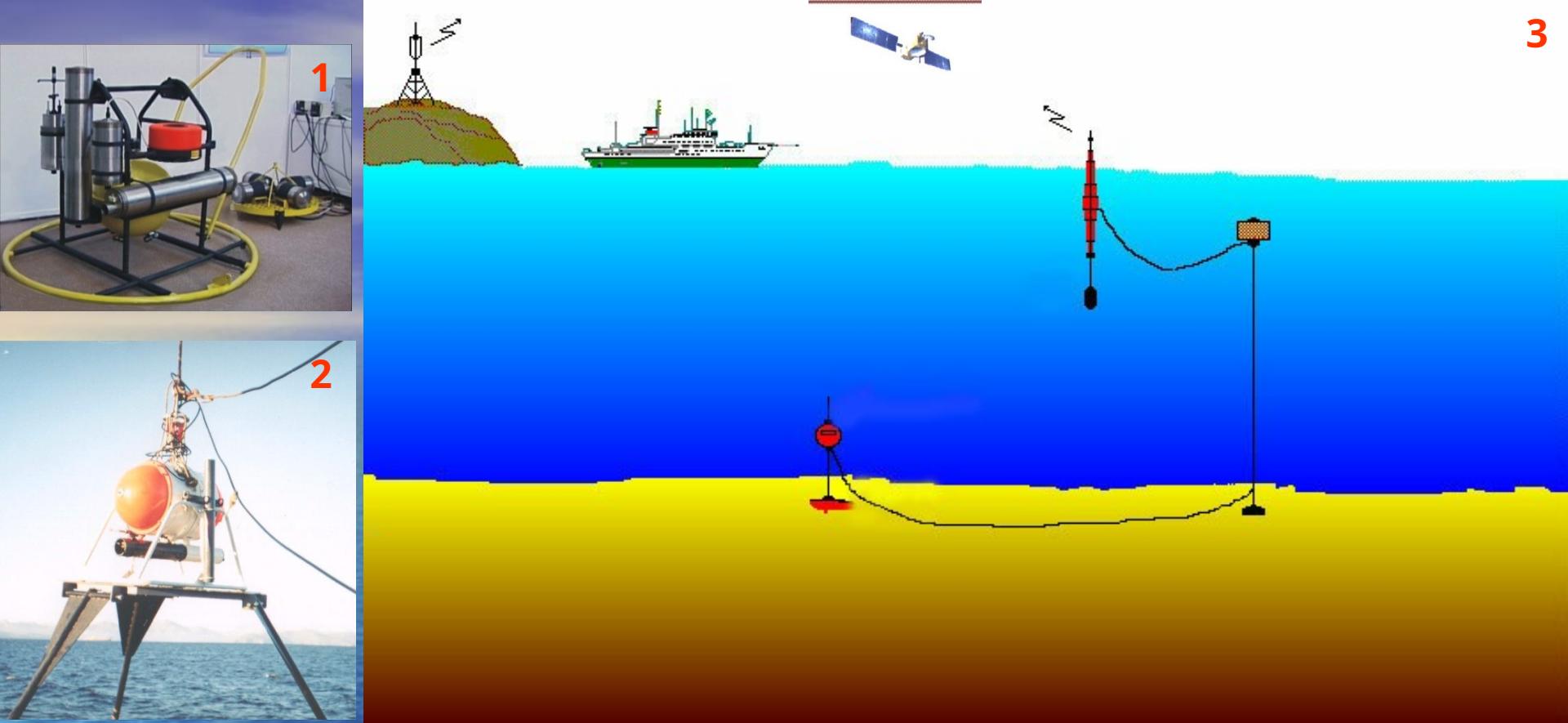
- Boundaries
- ⇒ Convergence





Основной толчок и афтершоки  
первого дня землетрясения  
15 ноября 2006 г.





**Элементы системы мониторинга сейсмоопасных, потенциально цунамигенных участков морского дна с целью прогноза сильнейших землетрясений и предупреждения цунами**

(1 – донная обсерватория, включающая комплекс измерительных приборов, 2 - постановка донного сейсмографа на дно, 3 – система передачи информации от донной обсерватории по радиоканалу с помощью притопленного буя )