

# Необычные сейсмические события



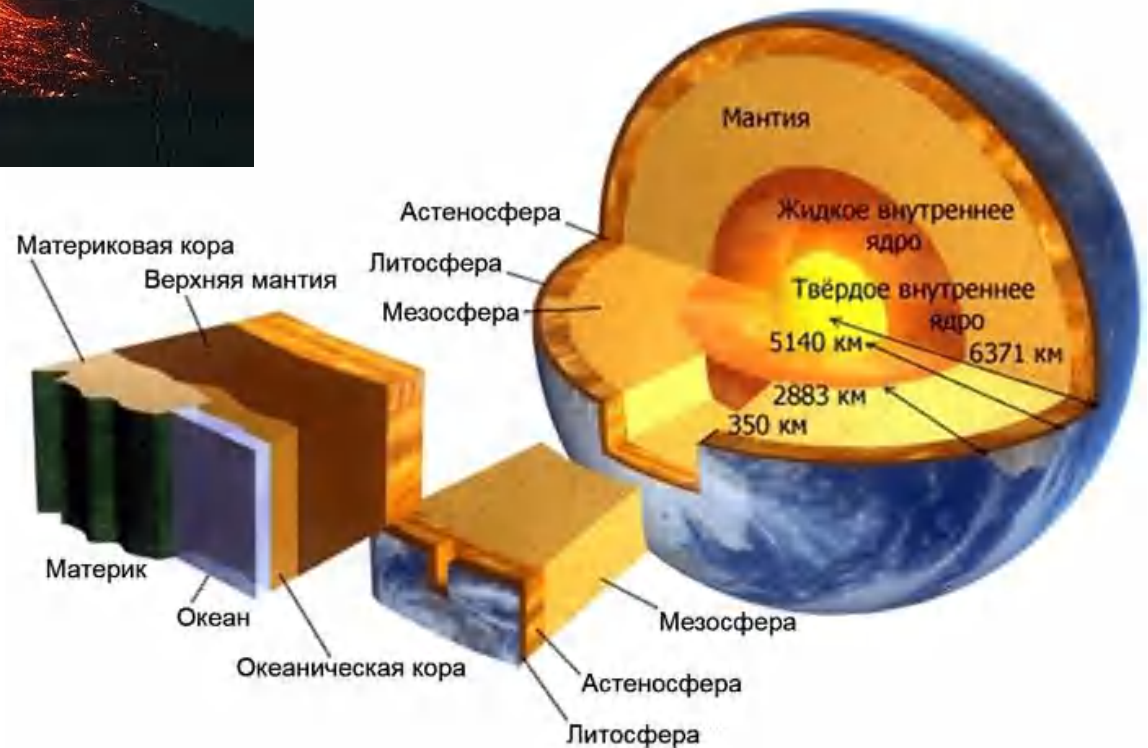
**Анна Добрынина**

Институт земной коры СО РАН, Иркутск,  
2017

# Основные задачи сейсмологии

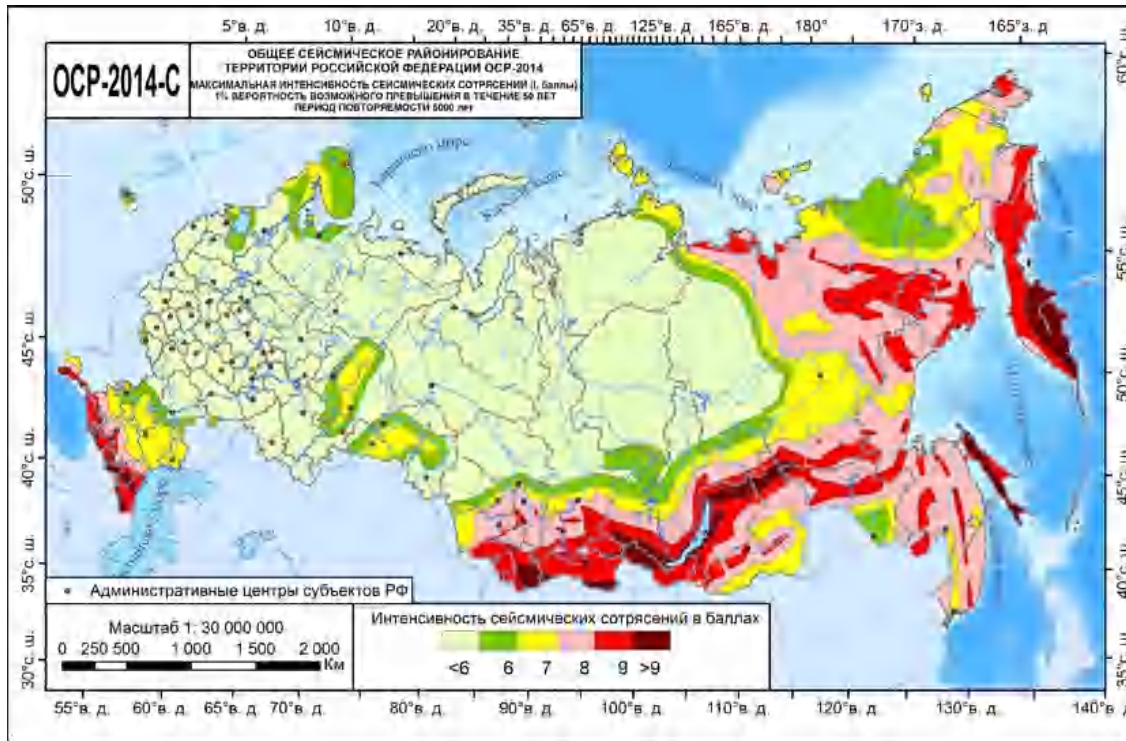


1. Изучение и прогноз землетрясений, вулканических извержений и цунами, изучение внутреннего строения Земли



# Основные задачи сейсмологии

## 2. Сейсмическое районирование территорий и обеспечение сейсмостойкого строительства

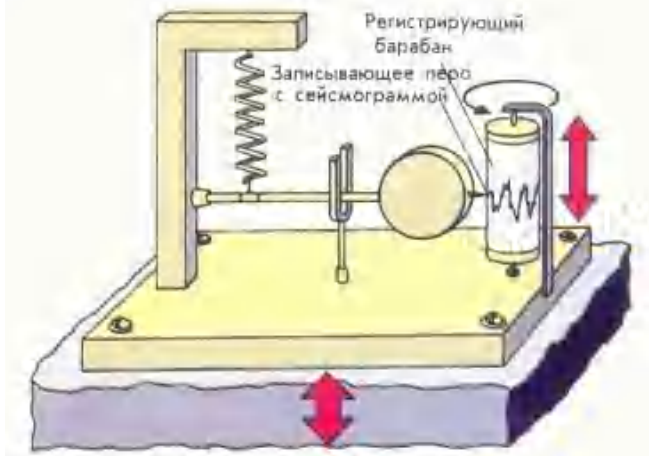
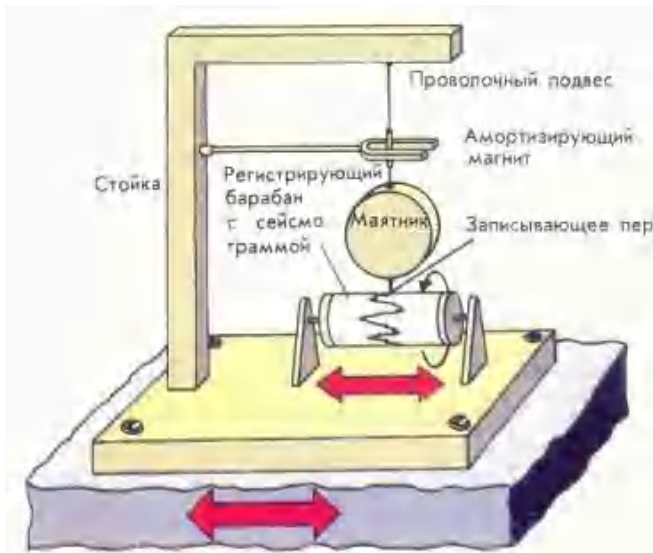


## **Основные задачи сейсмологии**

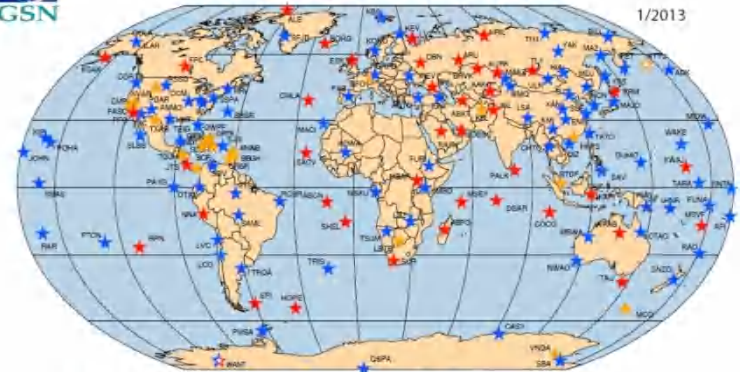
### 3. Контроль за ядерными испытаниями



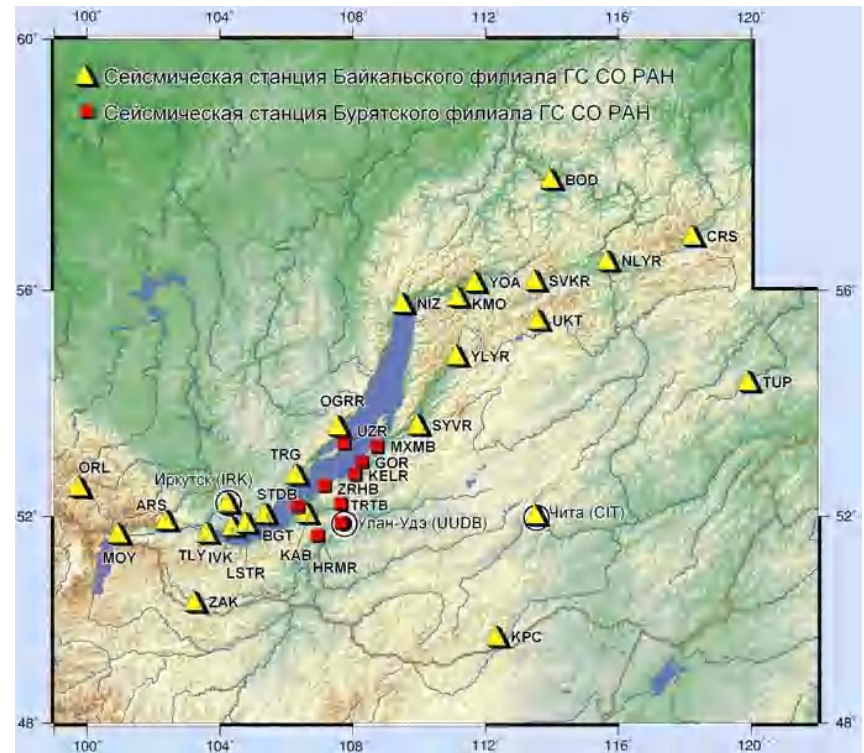
# Сейсмические станции



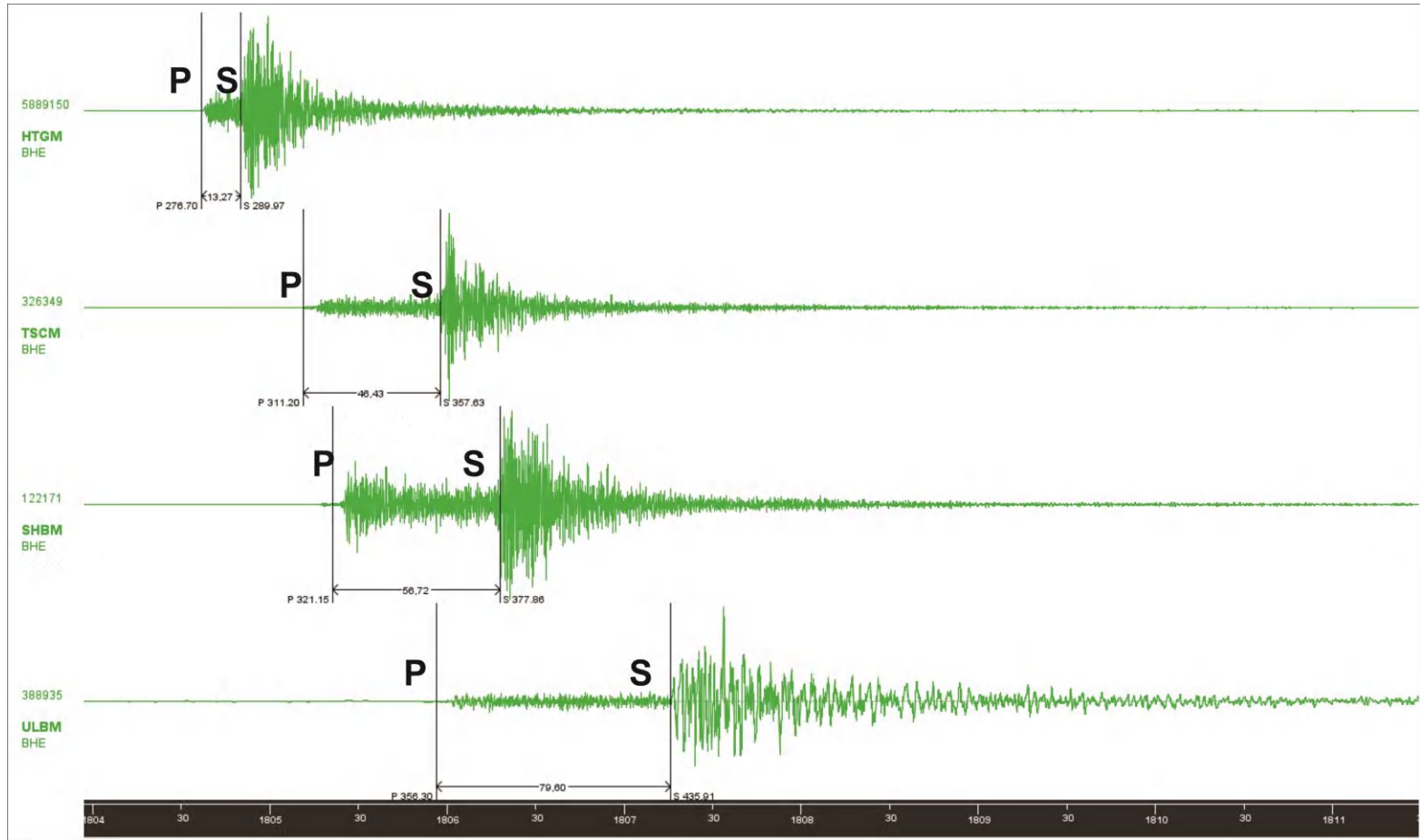
## GLOBAL SEISMOGRAPHIC NETWORK



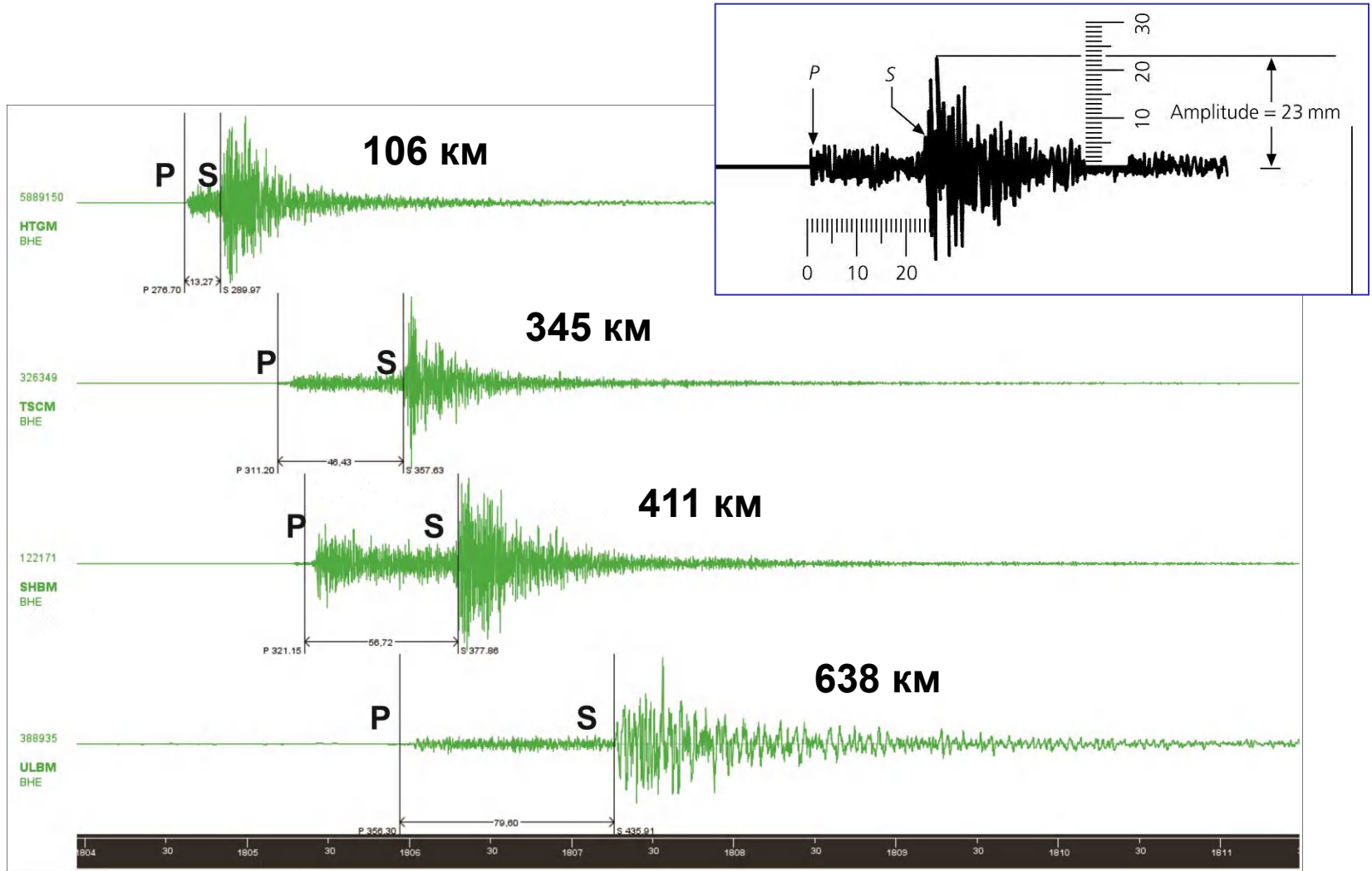
- ★ IRIS / IDA Stations
- ★ IRIS / USGS Stations
- ★ Affiliate Stations
- ★ Planned Stations



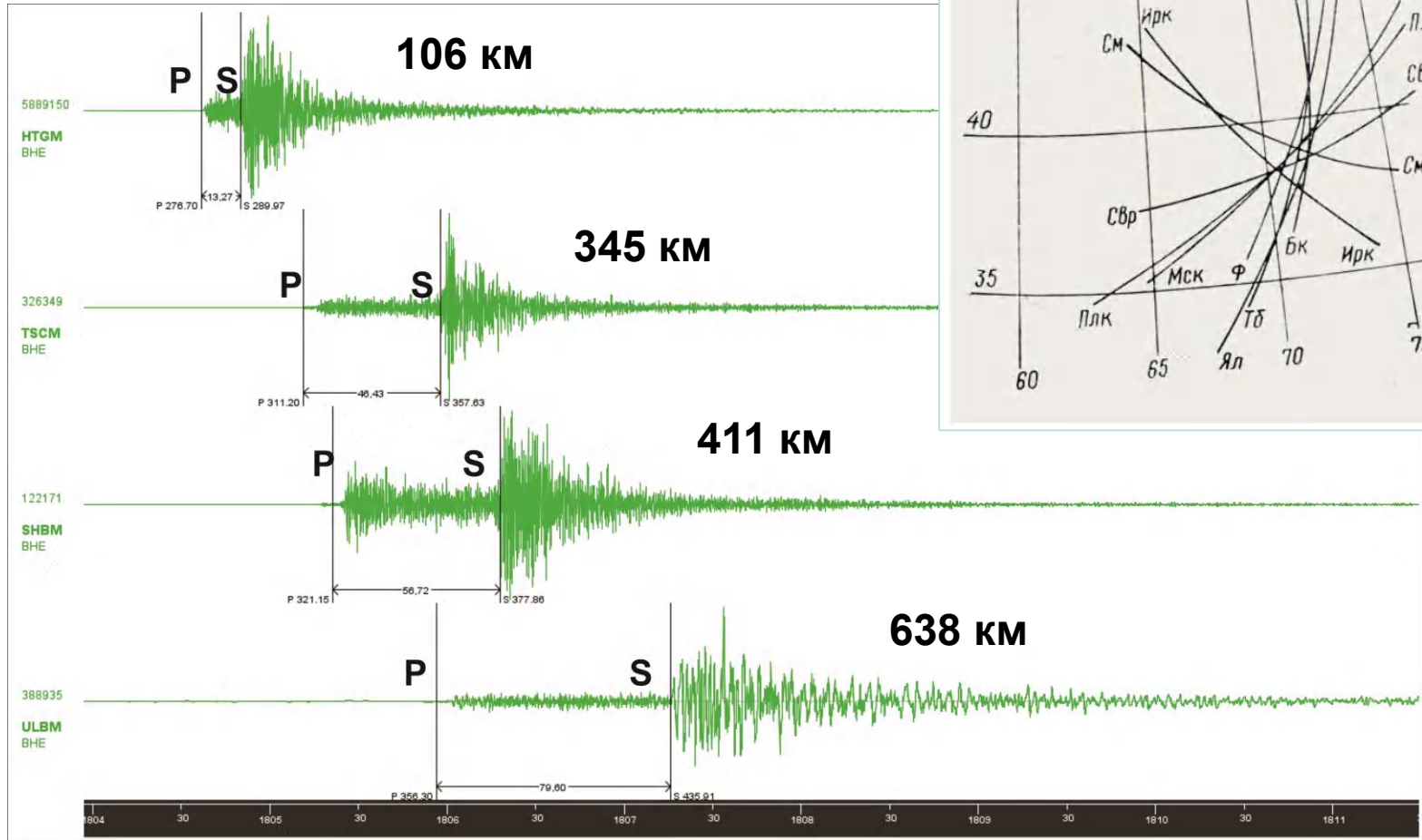
# Пример сейсмограмм регионального землетрясения 5 декабря 2014 г.



# Пример сейсмограмм регионального землетрясения 5 декабря 2014 г.

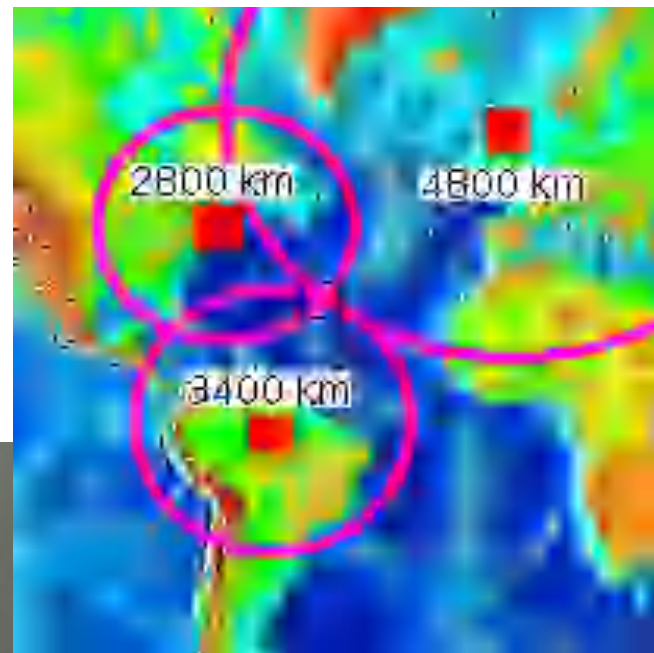


# Пример сейсмограмм регионального землетрясения 5 декабря 2014 г.

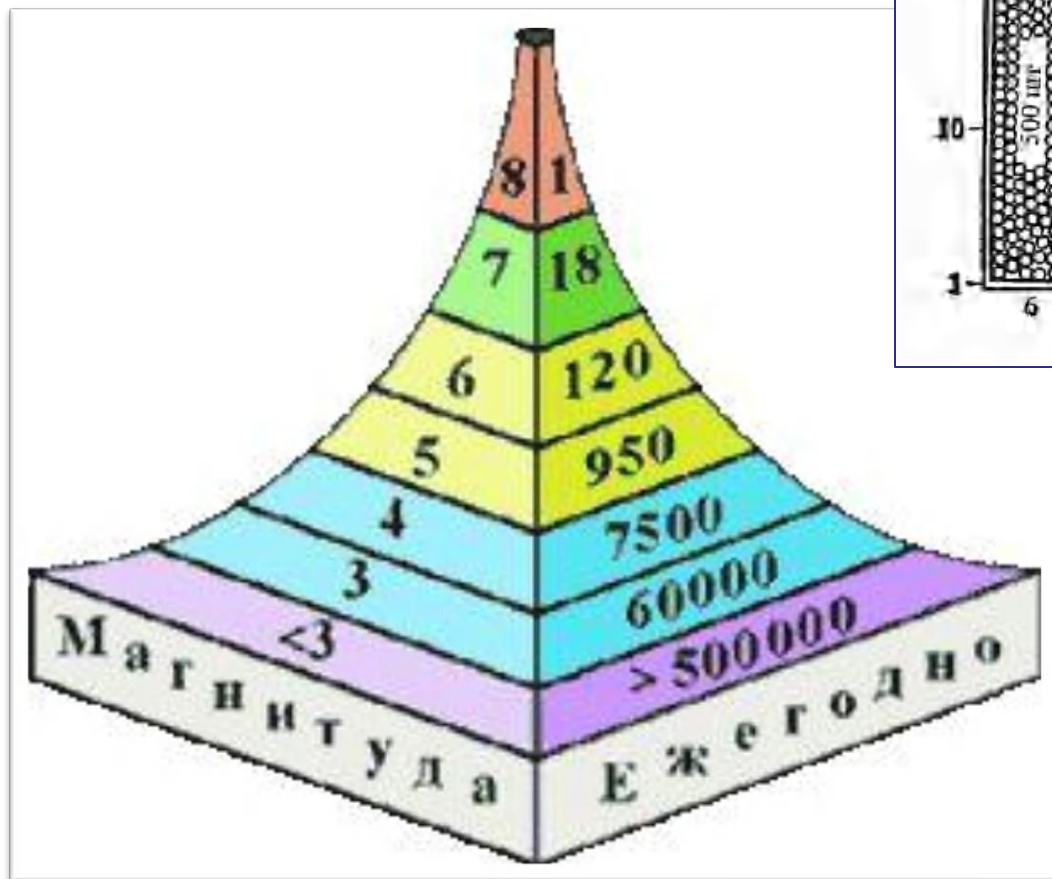
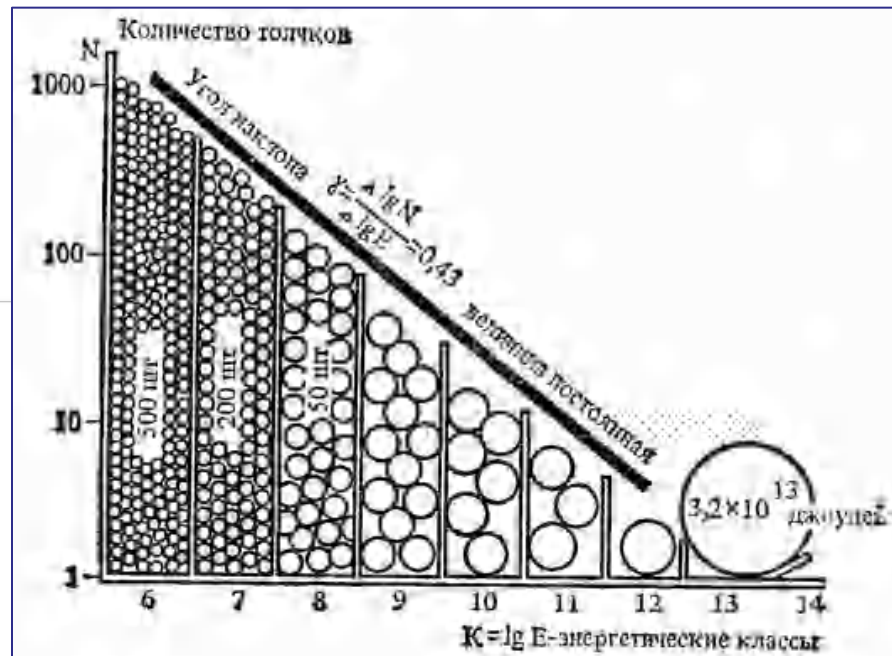
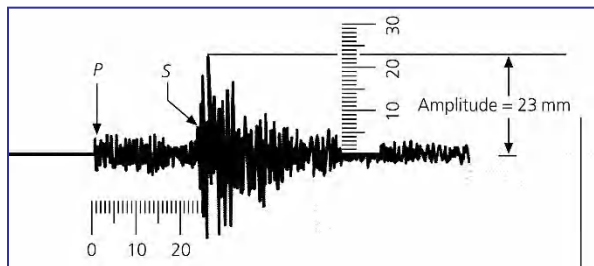




# Определение координат эпицентра землетрясения

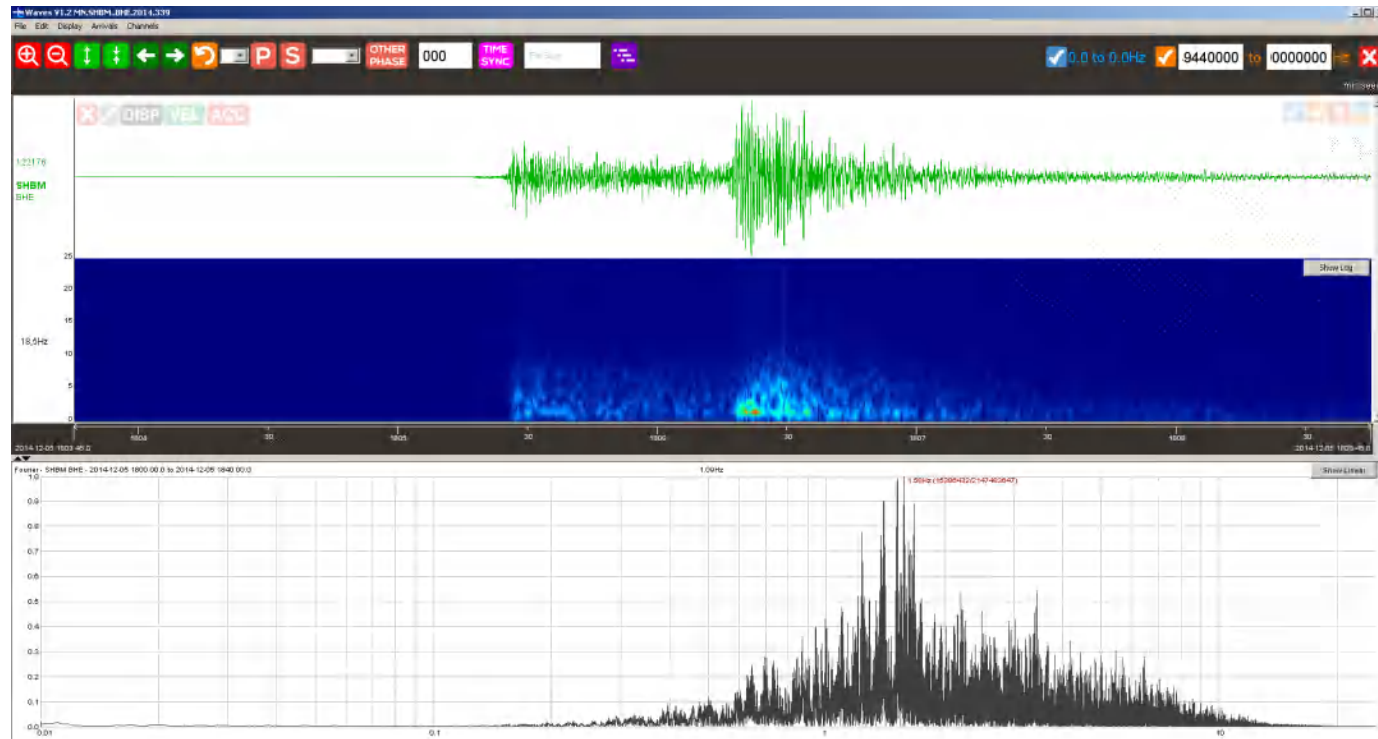
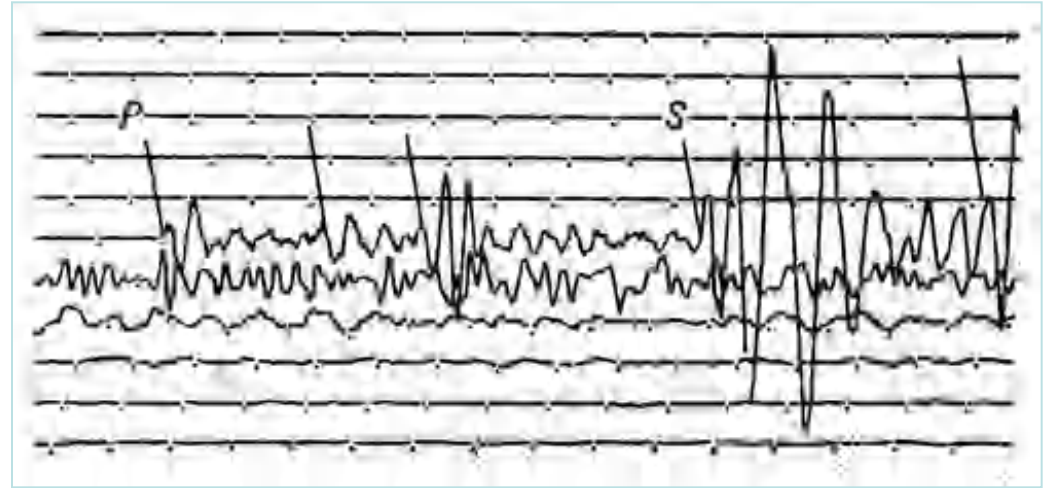
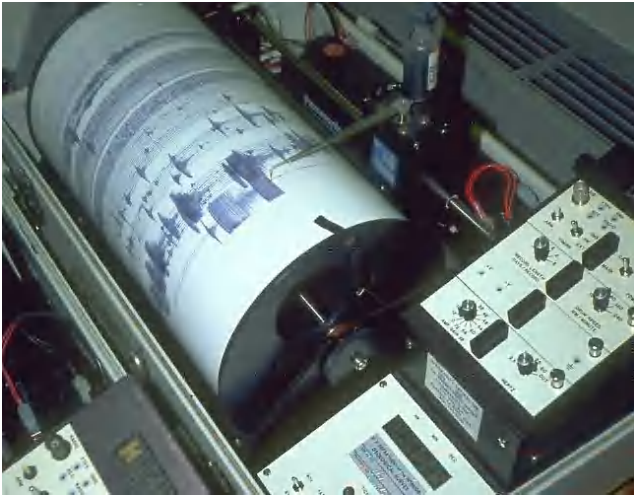


# Энергия землетрясения



соотношение  
Гуттенберга-Рихтера

# Аналоговые и цифровые сейсмограммы



## Классификация землетрясений

По происхождению - тектонические, вулканические, техногенные, провальные, искусственные

По дальности регистрации – локальные (< 200 км), региональные и удаленные (> 1000 км)

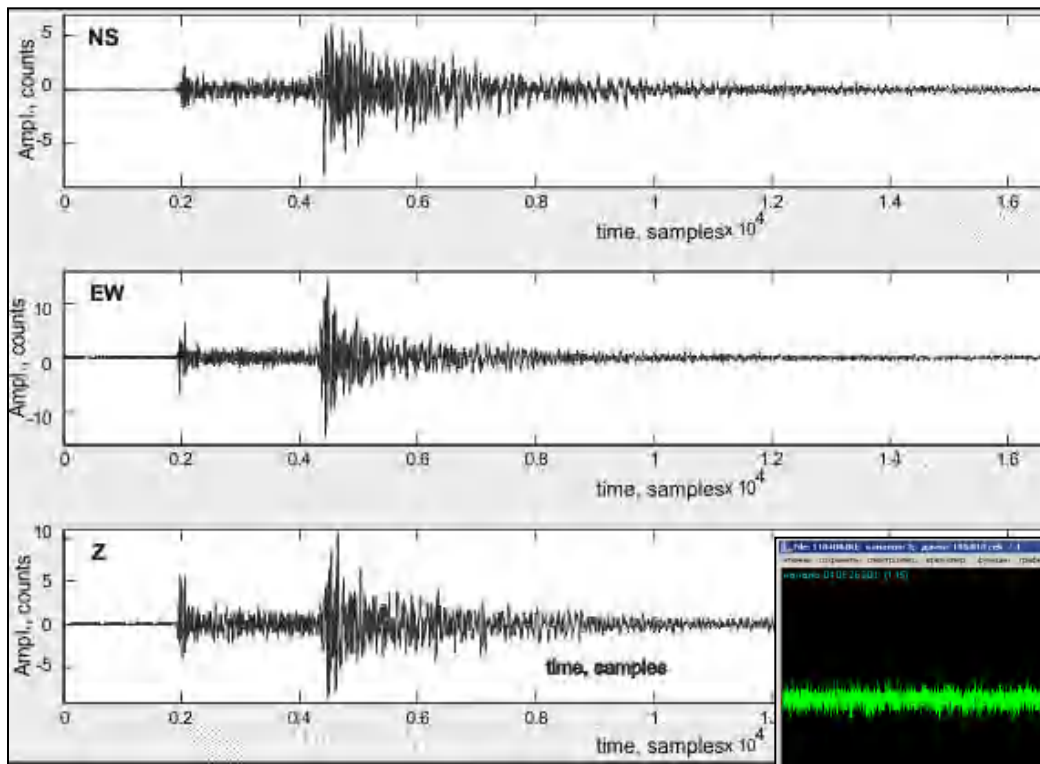
По силе – слабые ( $M=1-4$ ), умеренные (5-6), сильные и катастрофические ( $M>6$ )

По глубине - глубокофокусные (более 150 км), мелкофокусные (менее 60 км), промежуточные (60-150 км), поверхностные (не более 5 км)

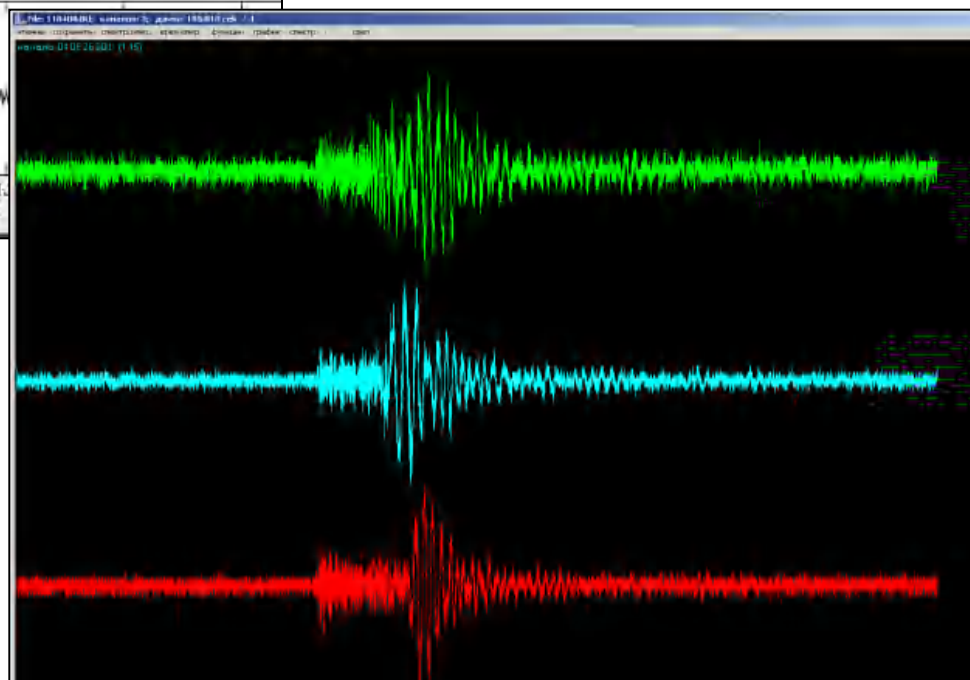
По типу подвижки – сдвиг, сброс, взброс и комбинированные типы

Одиночные, дублет, форшоки, афтершоки, рои землетрясений

# Сейсмограммы землетрясений и взрывов



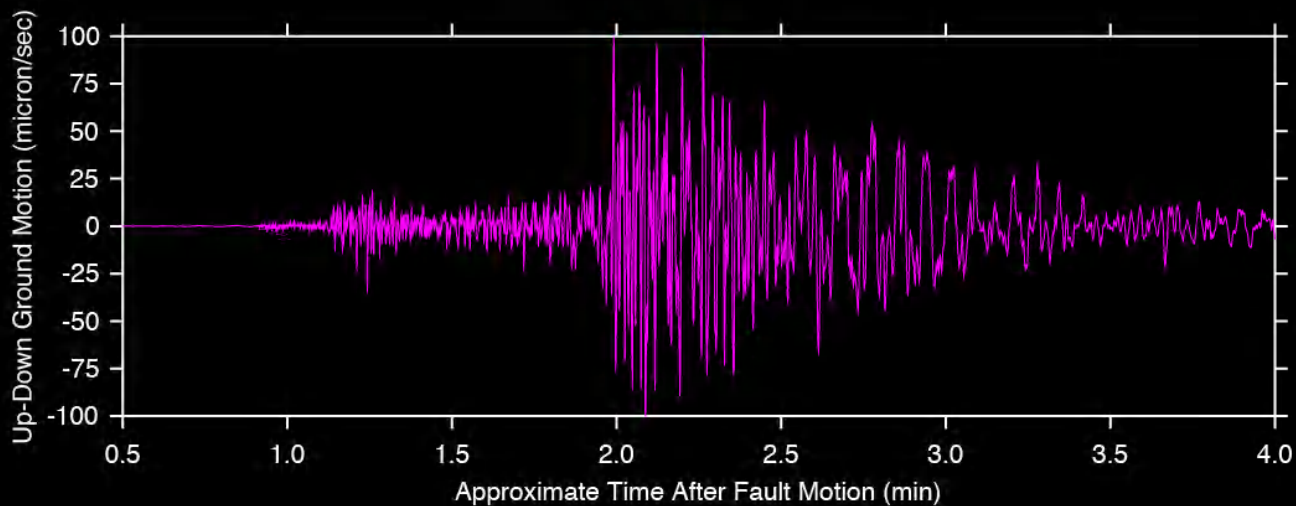
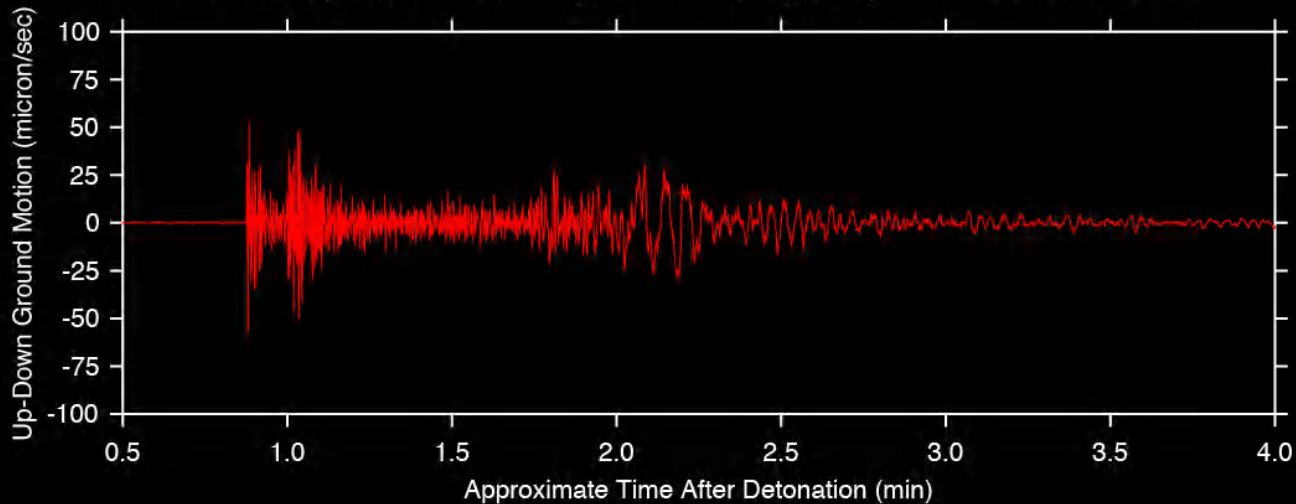
промышленный взрыв  
11.03.2015 (UUD,  $\Delta = 93$  км)



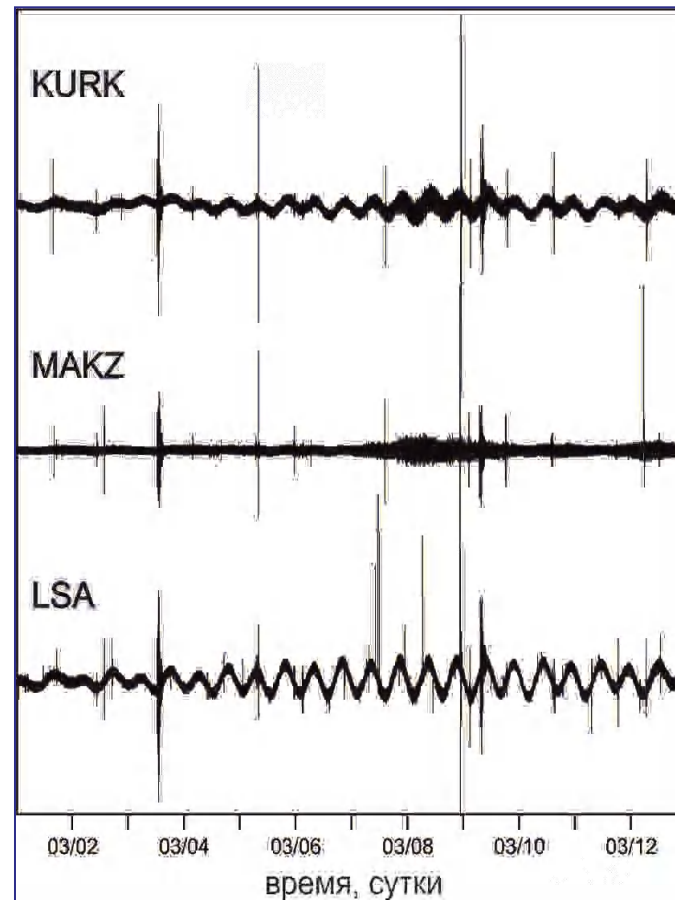
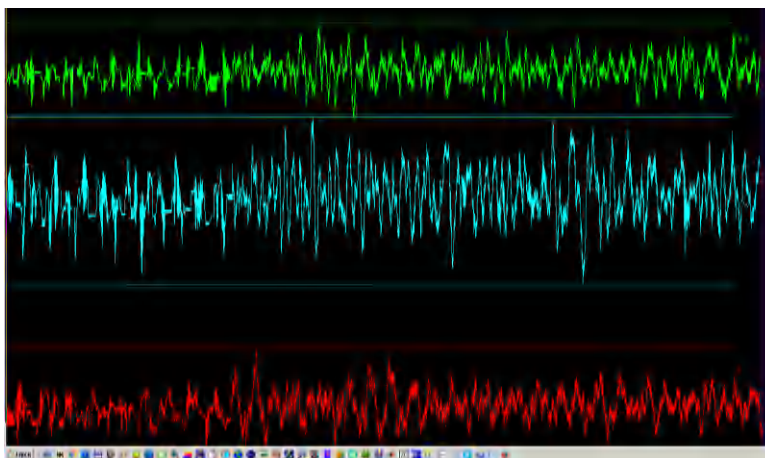
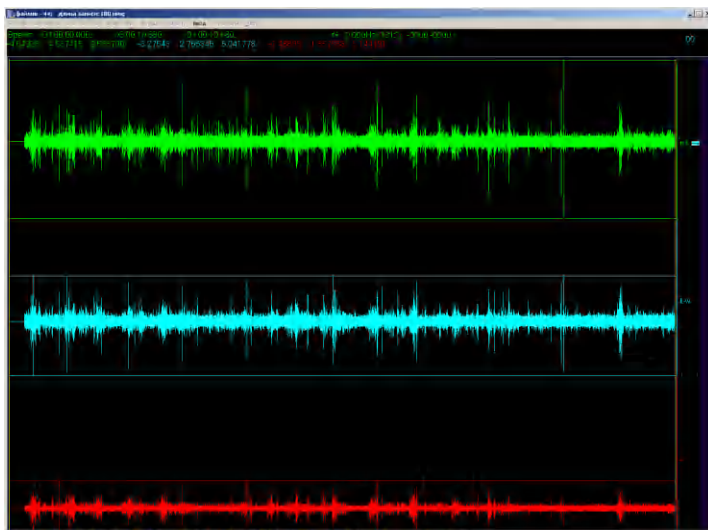
региональное землетрясение  
01.01.2004 (Чара,  $\Delta = 195$  км)

# Сейсмограммы землетрясений и взрывов

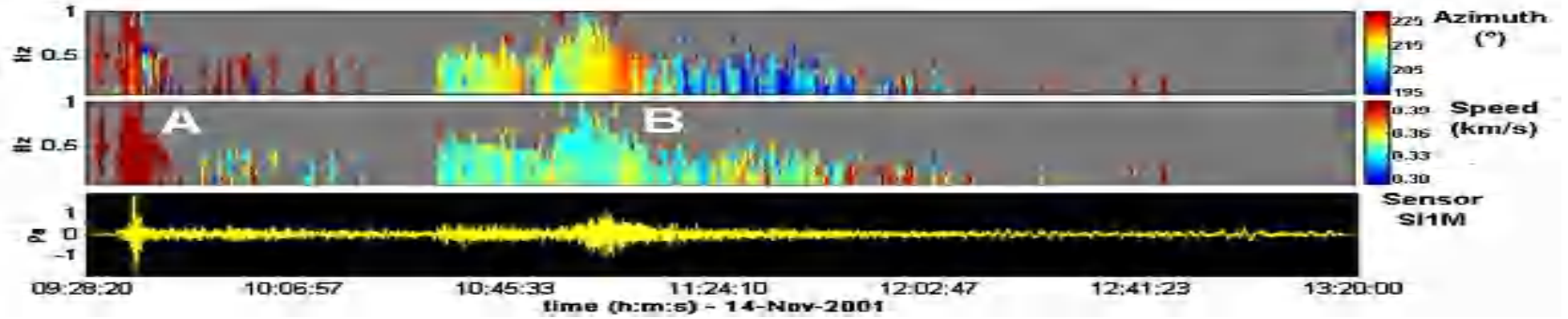
~M5.1 Nuclear Test (red) and M5.0 Regional EQ (magenta) Recorded at GSN Station IC.MDJ



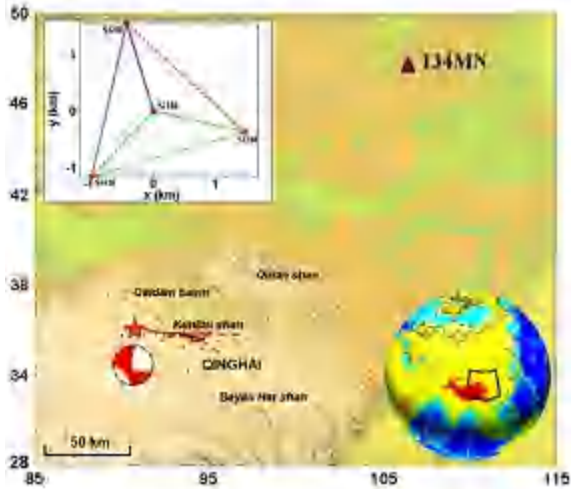
# Микросейсмы



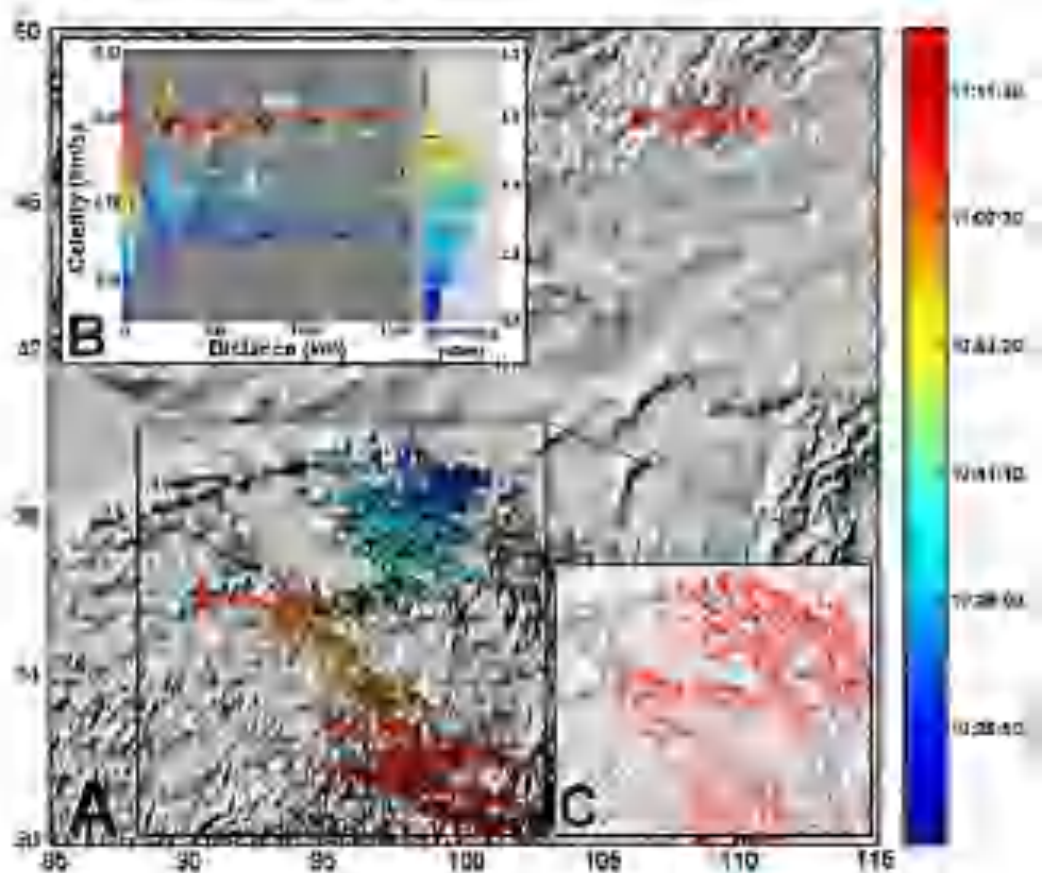
# Инфразвуковые сигналы от землетрясений



Куньлунское землетрясение  
14 ноября 2001 г. M=8.1



[Le Pichon et al., 2003]



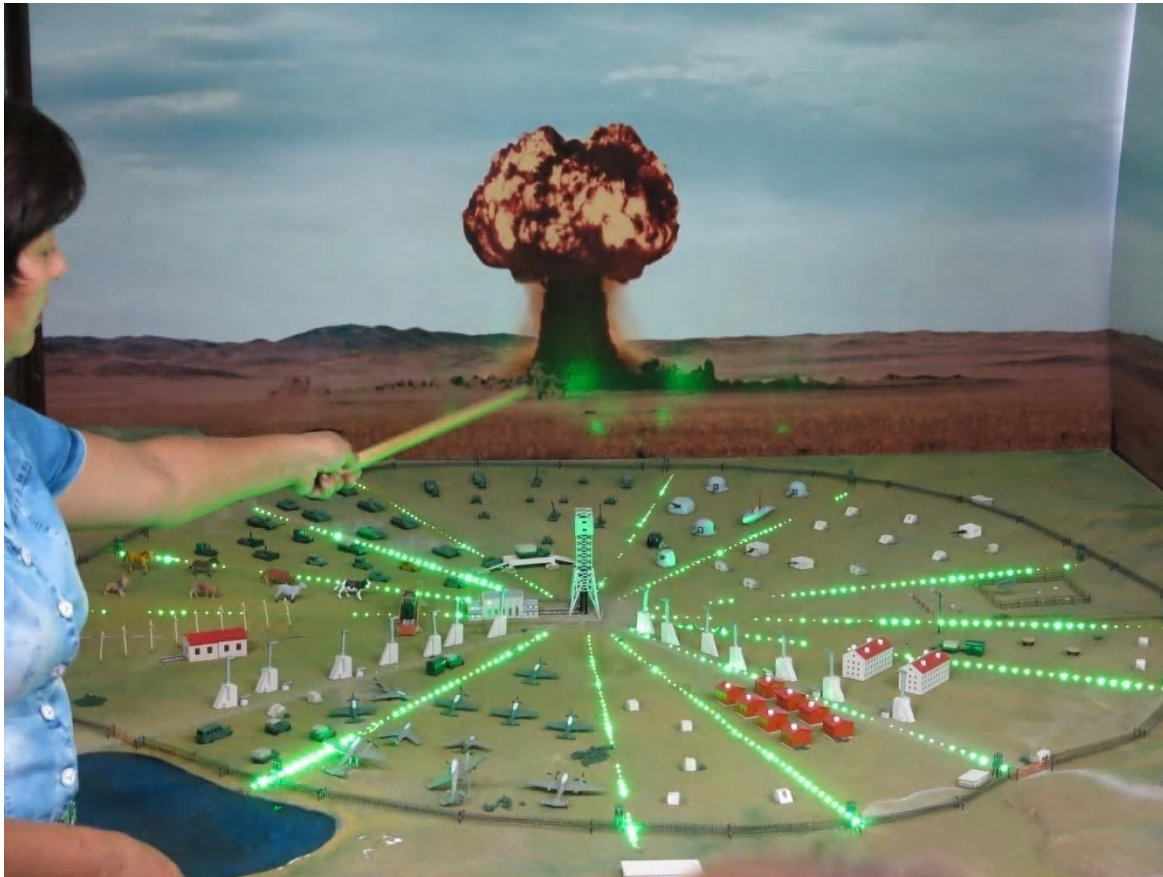


# Ядерные испытания

Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний  
Генеральная Ассамблея 10 сентября 1996 года

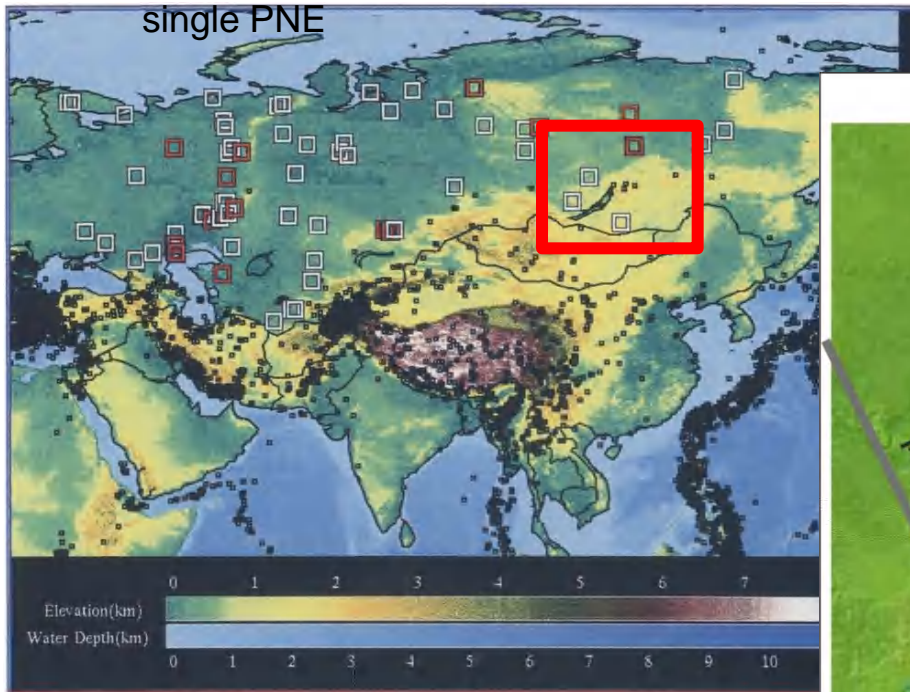
100 лет

Семипалатинский полигон, Казахстан

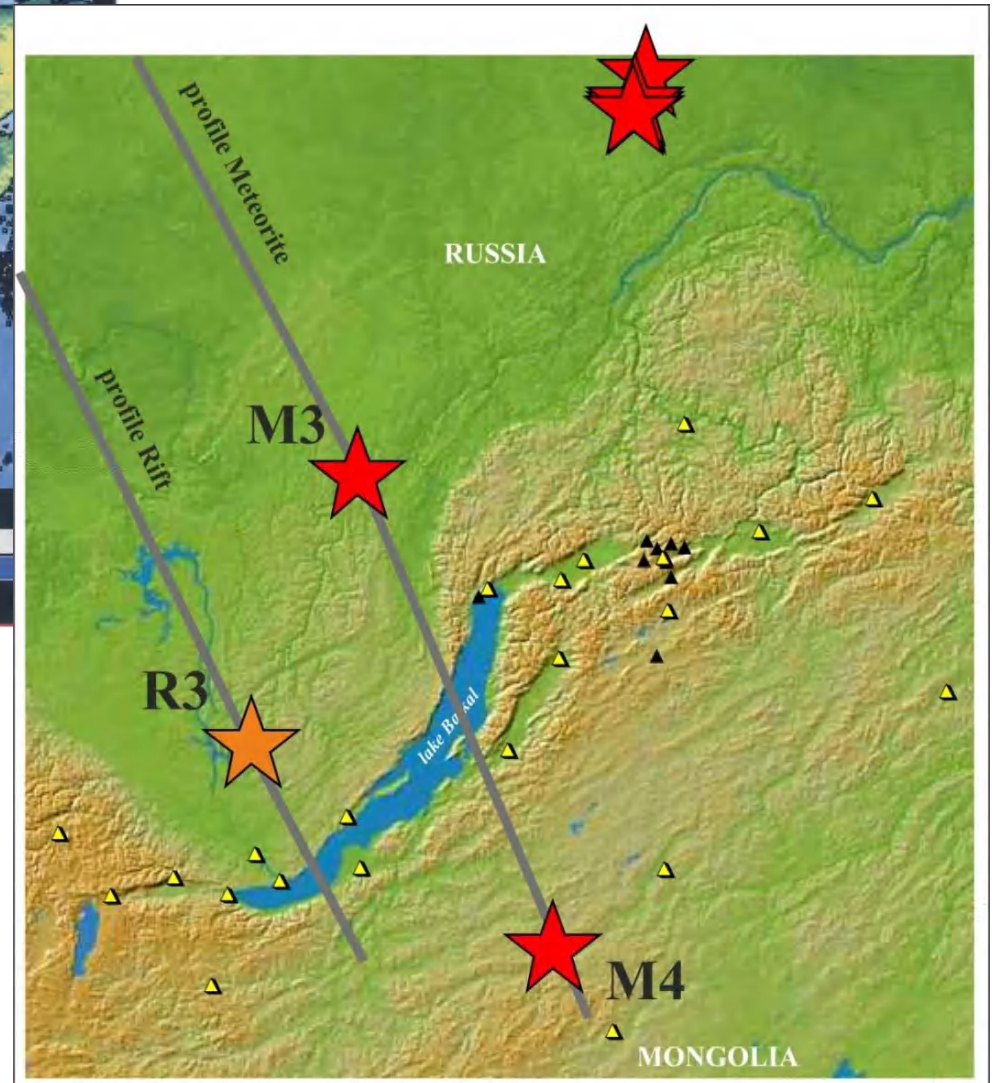


# мирные ядерные взрывы в СССР

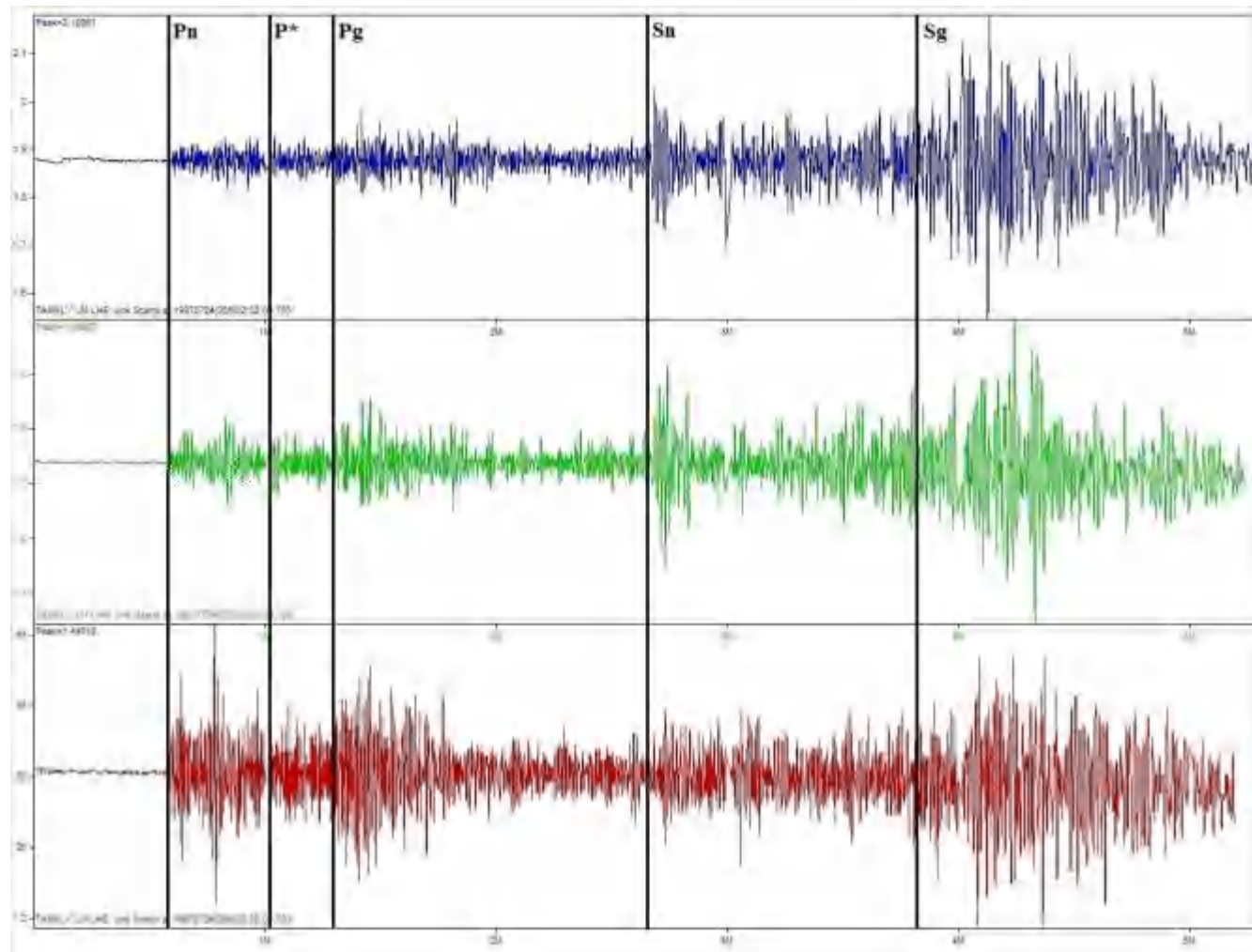
□ – areas with multiple PNE tests    □ – single PNE



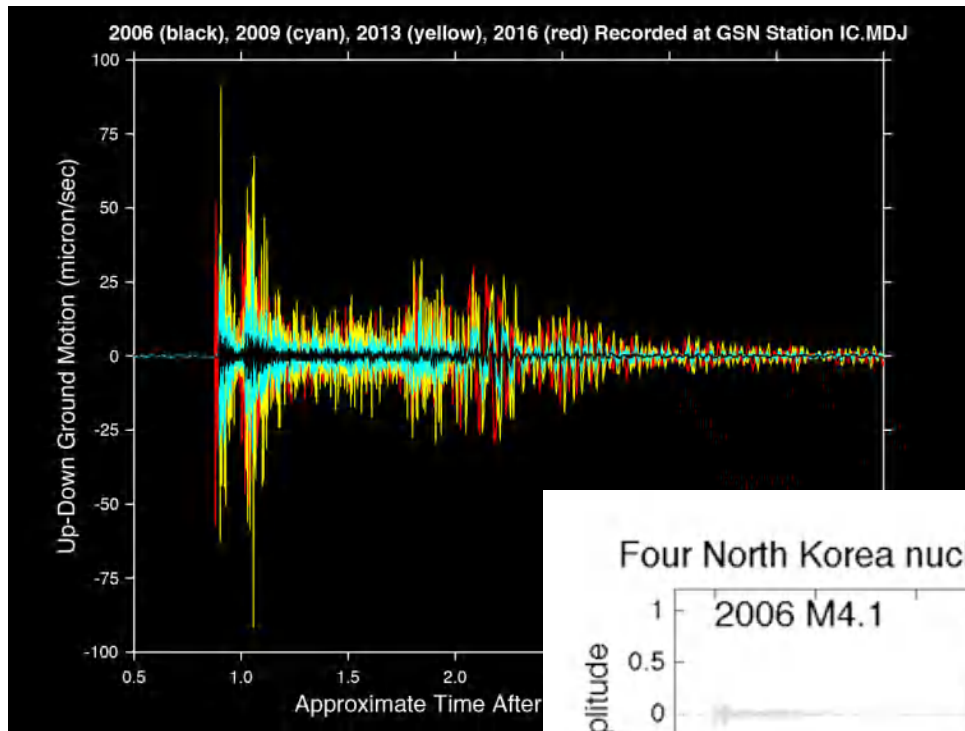
[Sultanov et al., 1999]



# Оцифрованная запись МЯВ Нева-2

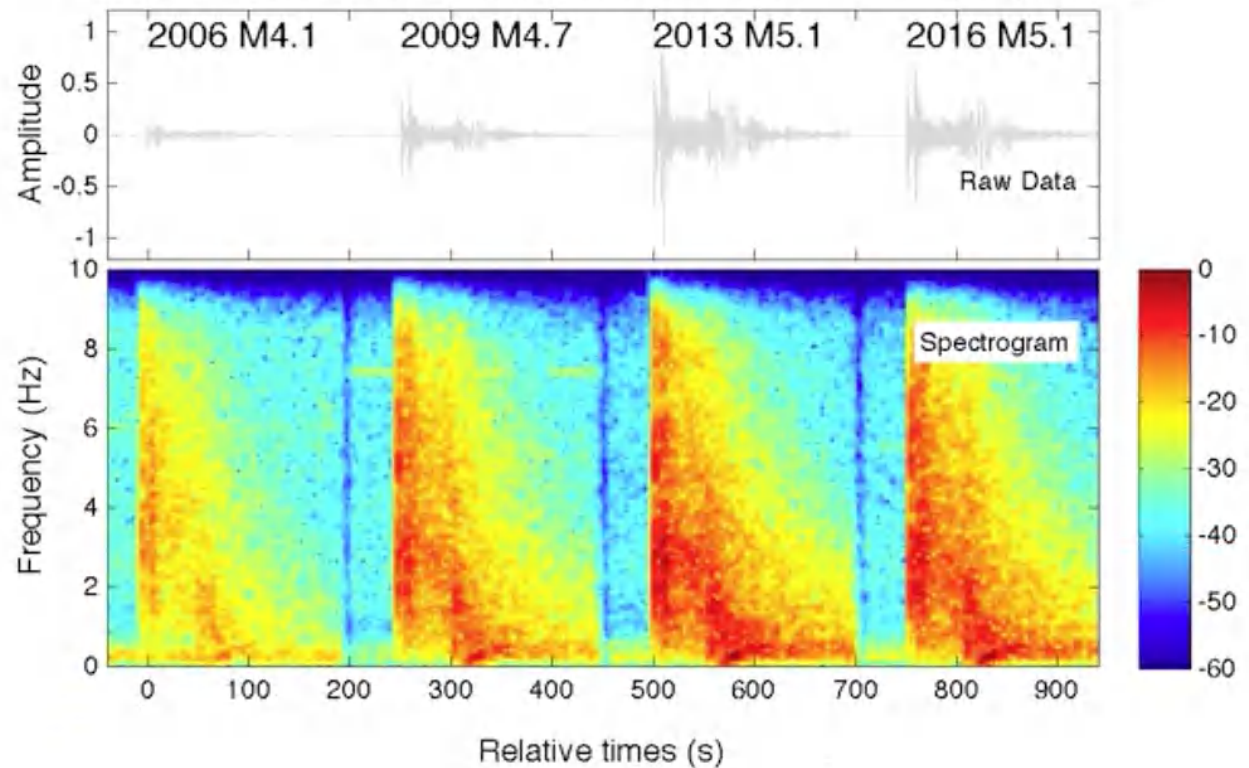


[Burkhard, 2016]



## Ядерные взрывы в Северной Корее 2006, 2009, 2013 и 2016 гг.

Four North Korea nuclear explosions recorded in Mudanjiang, China

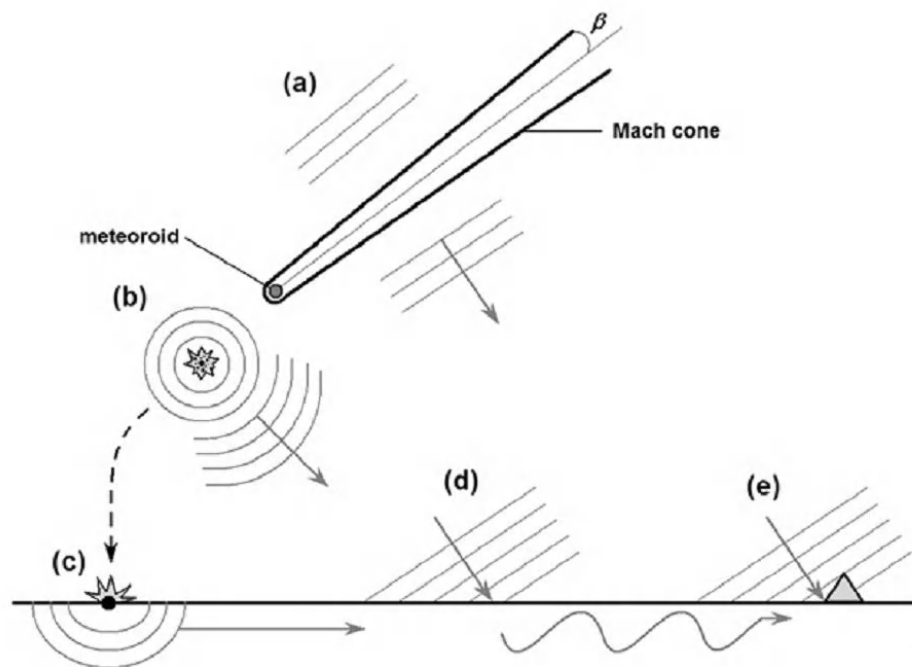


## Сейсмические эффекты метеоритов

образование сейсмических волн

### Тунгусский метеорит

30 (17 с.ст.) июня 1908 года  
00-14,5 по Гринвичу  
Ms~5 [Ben-Menahem, 1975]



сейсмограмма Тунгусского метеорита, полученная на с/станции Иркутск

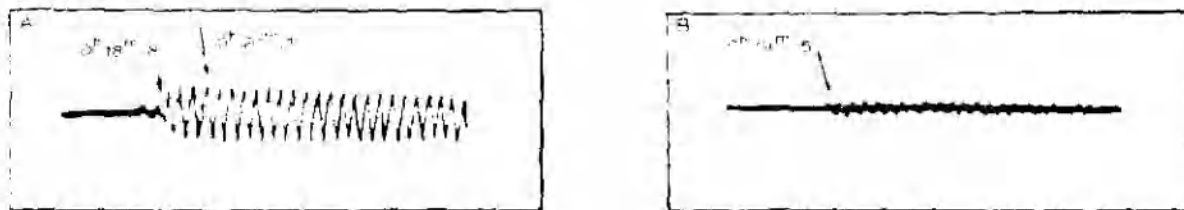


Fig. 8. Zöllner-Repsold seismograms at Irkutsk, June 30, 1908.

A. EW – Dominating period is about 25 sec. Extremal peak-to-trough of original record is 4 mm.

B. NS – Dominating period is about 35 sec. Details are well seen with the aid of a magnifying glass.

# Челябинский метеорит

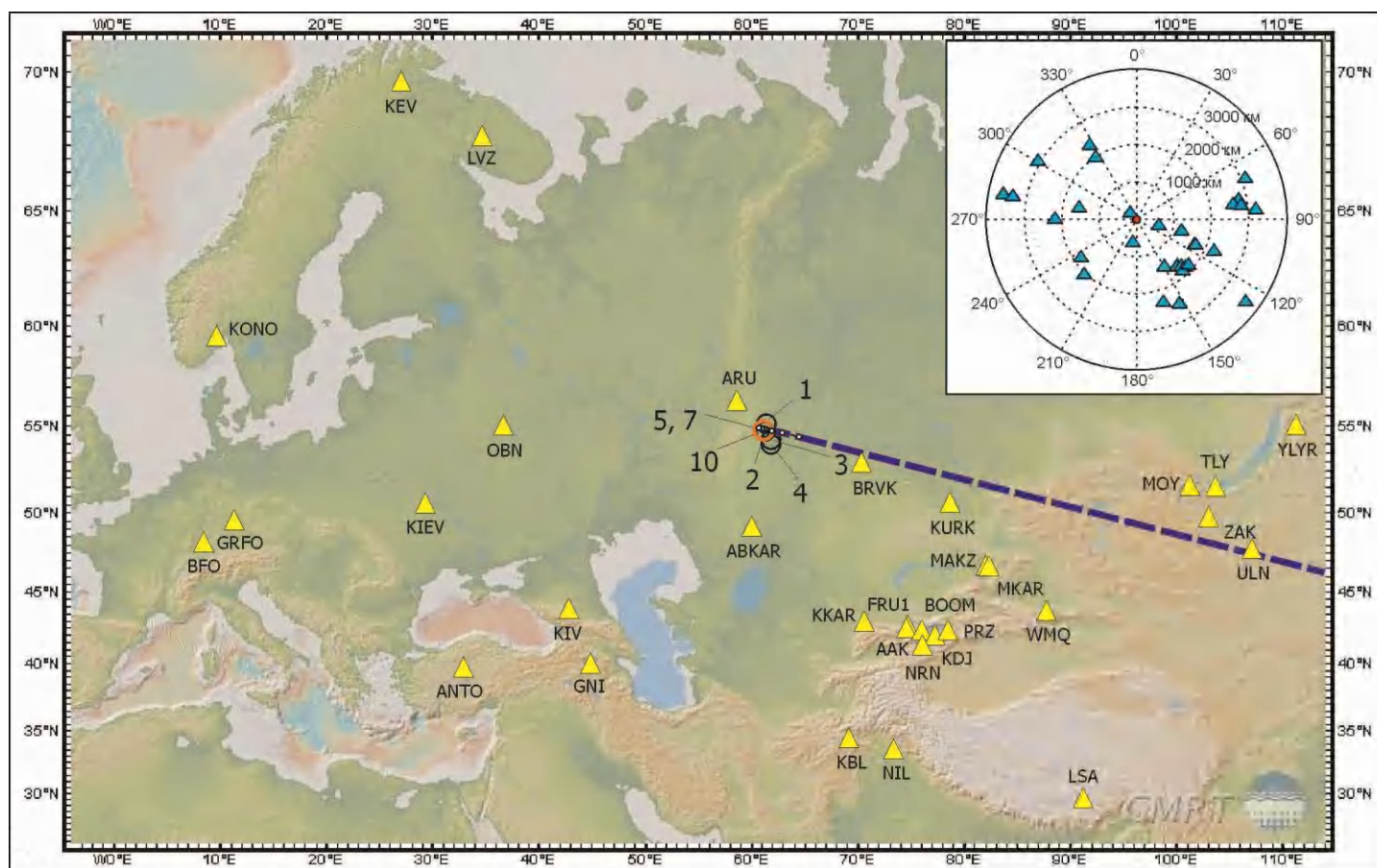
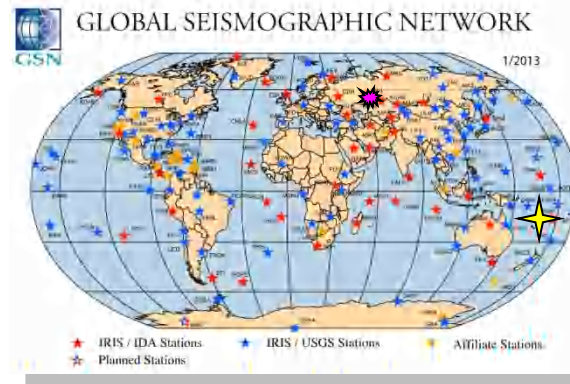
15.02.2013 г. в 03-20

$M \sim 3.2 \div 4.2$

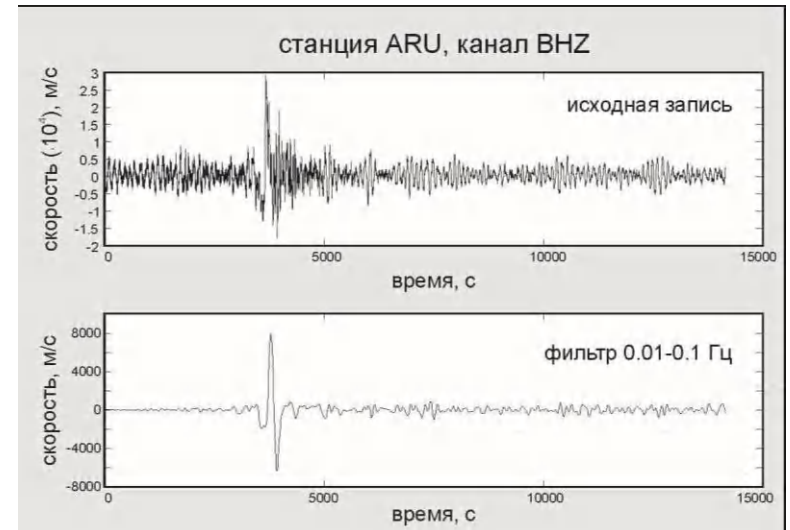
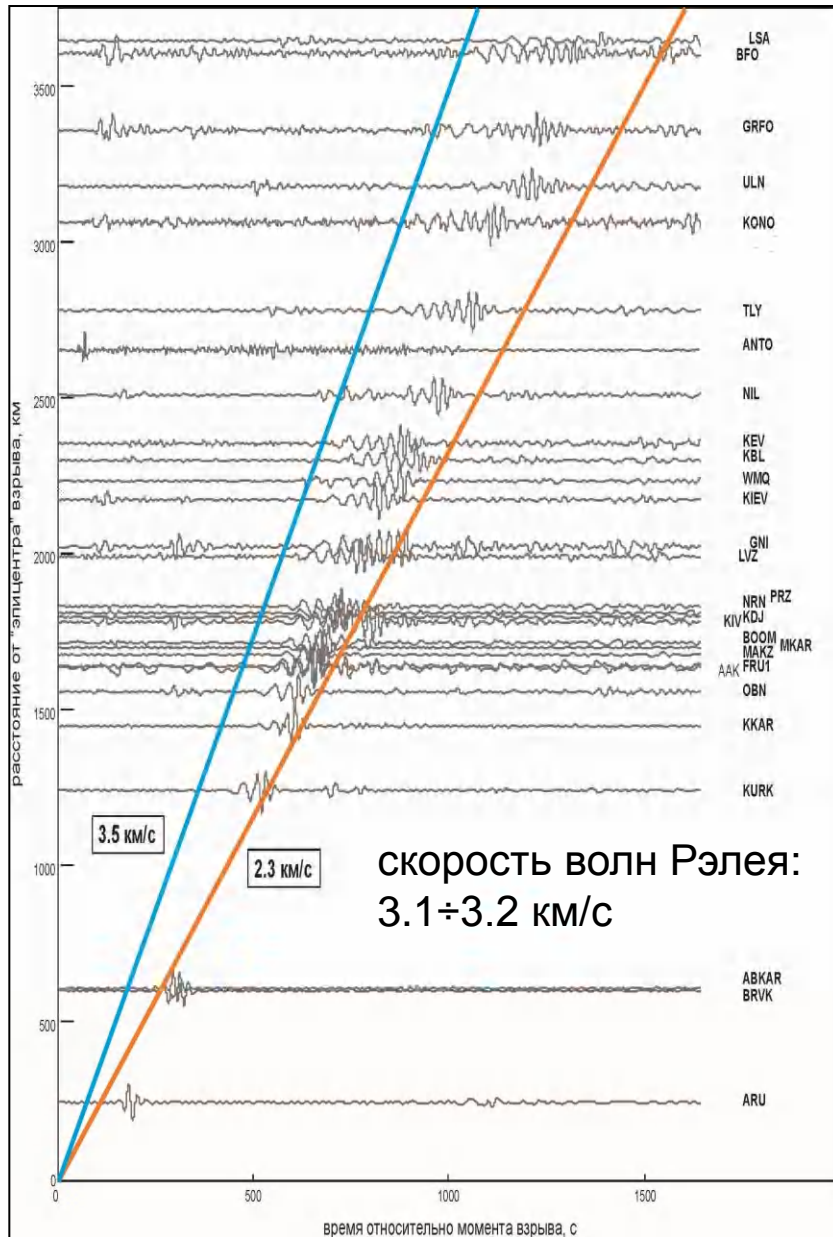
(общая энергия – от 70 кт до 1.4 Мкт)

землетрясение близ о. Тонга: 03:02:23.3,  $M=5.8$

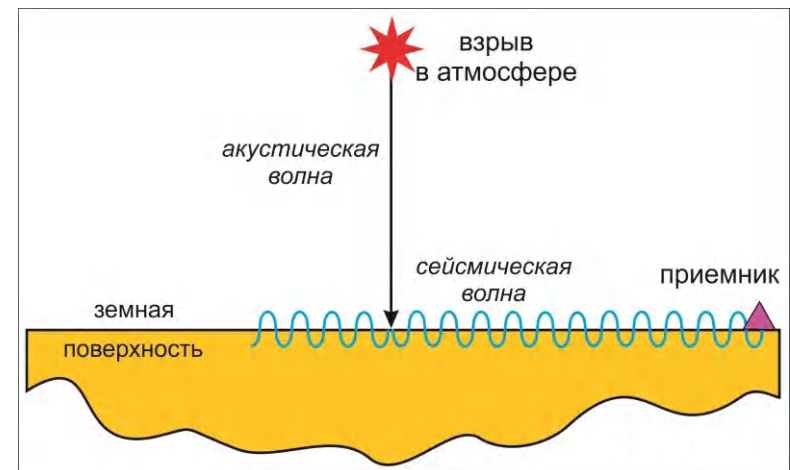
(по данным ГС США)



# Сейсмические волны, вызванные пролетом и взрывом метеорита «Челябинск»



высота взрыва: 32 км  
 акустическая волна: 0.3 км/с  
 время запаздывания: 107 сек





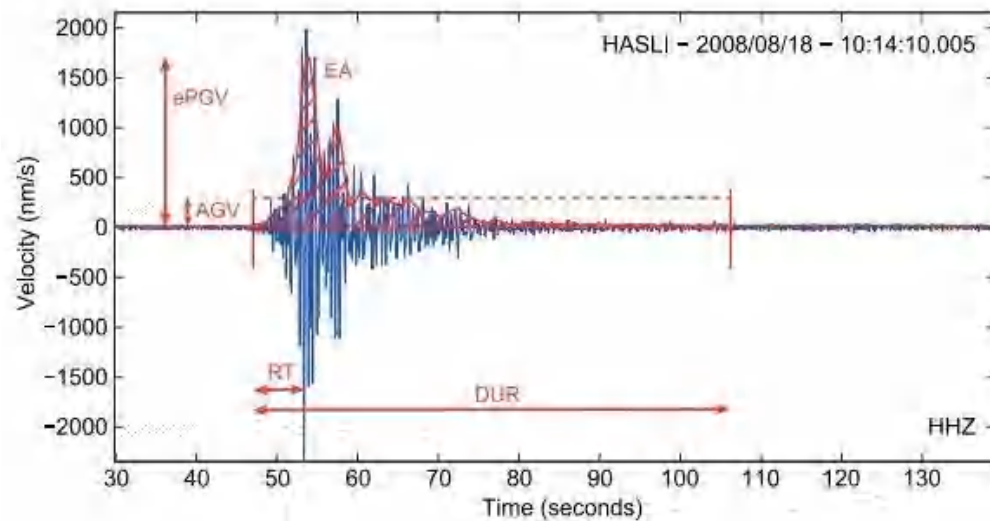
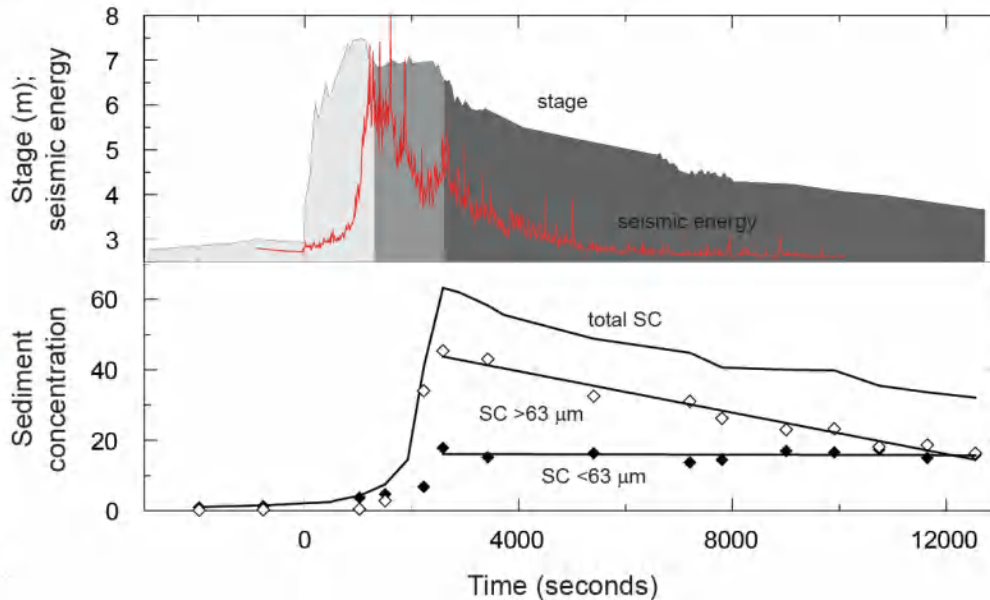
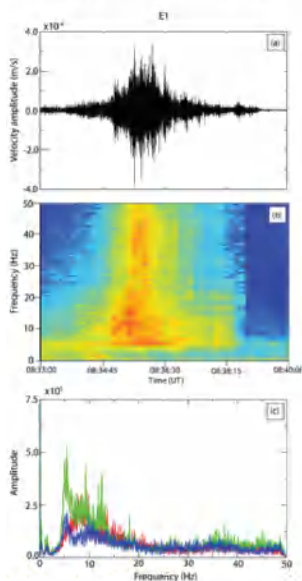


# Сели, оползни, лавины

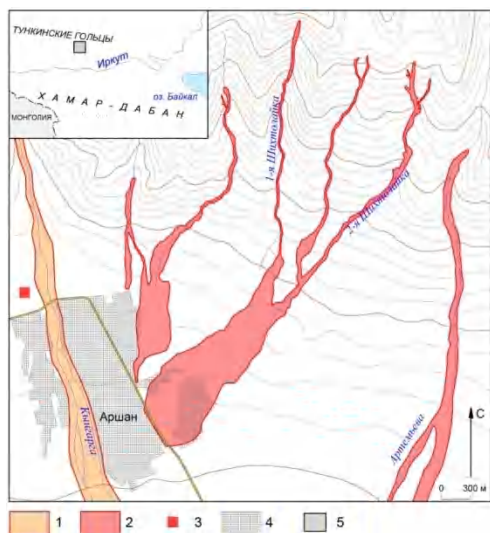
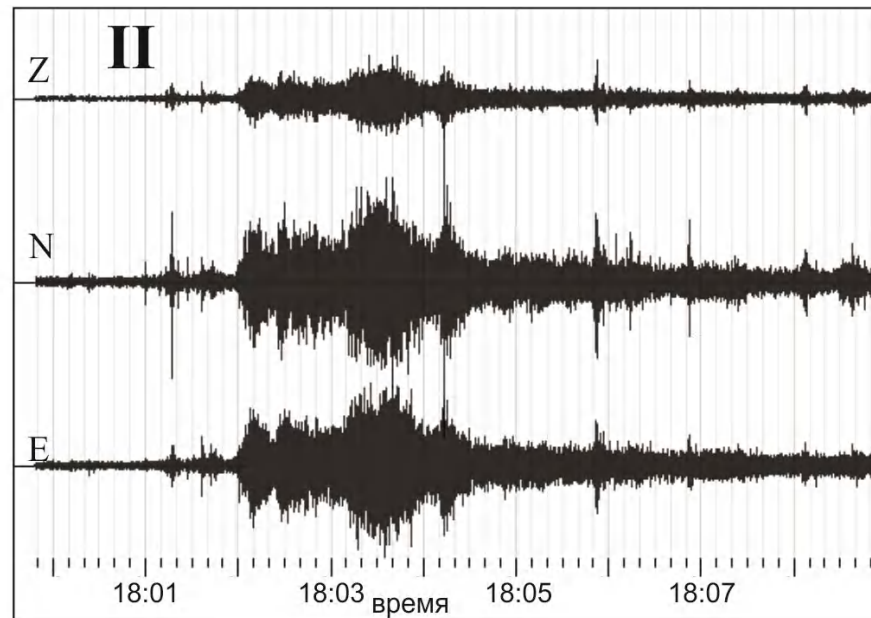
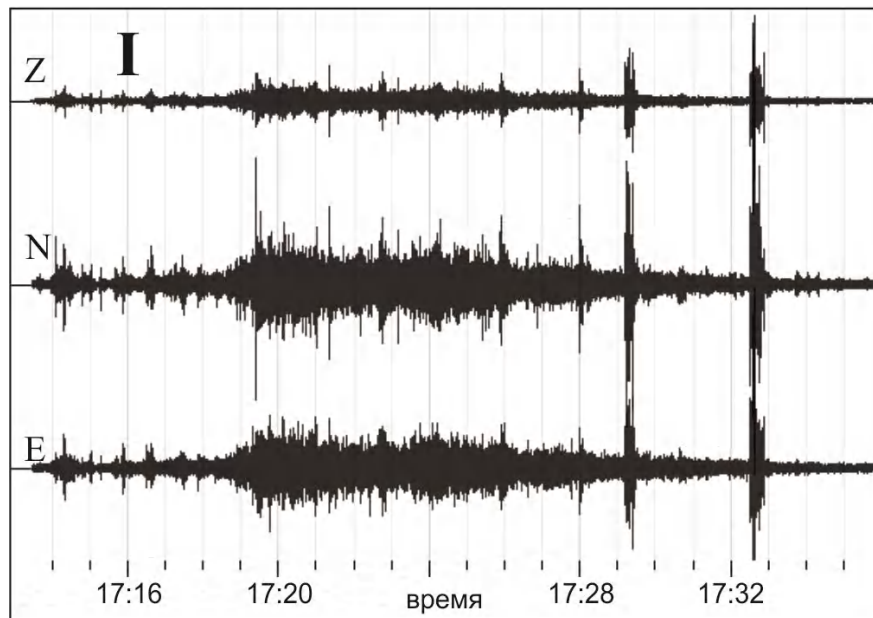
Seismic frequency analysis of suspended and bedload



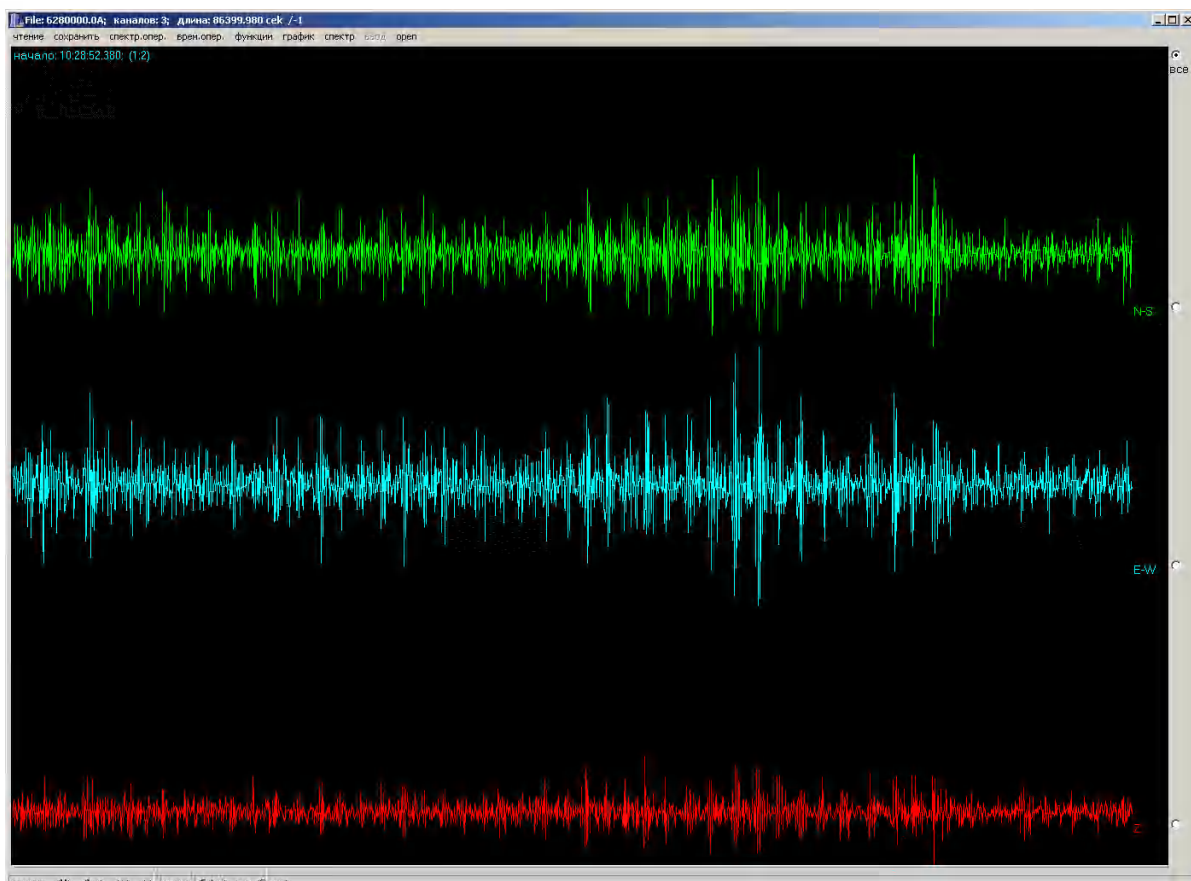
Calibrated sediment concentration functions



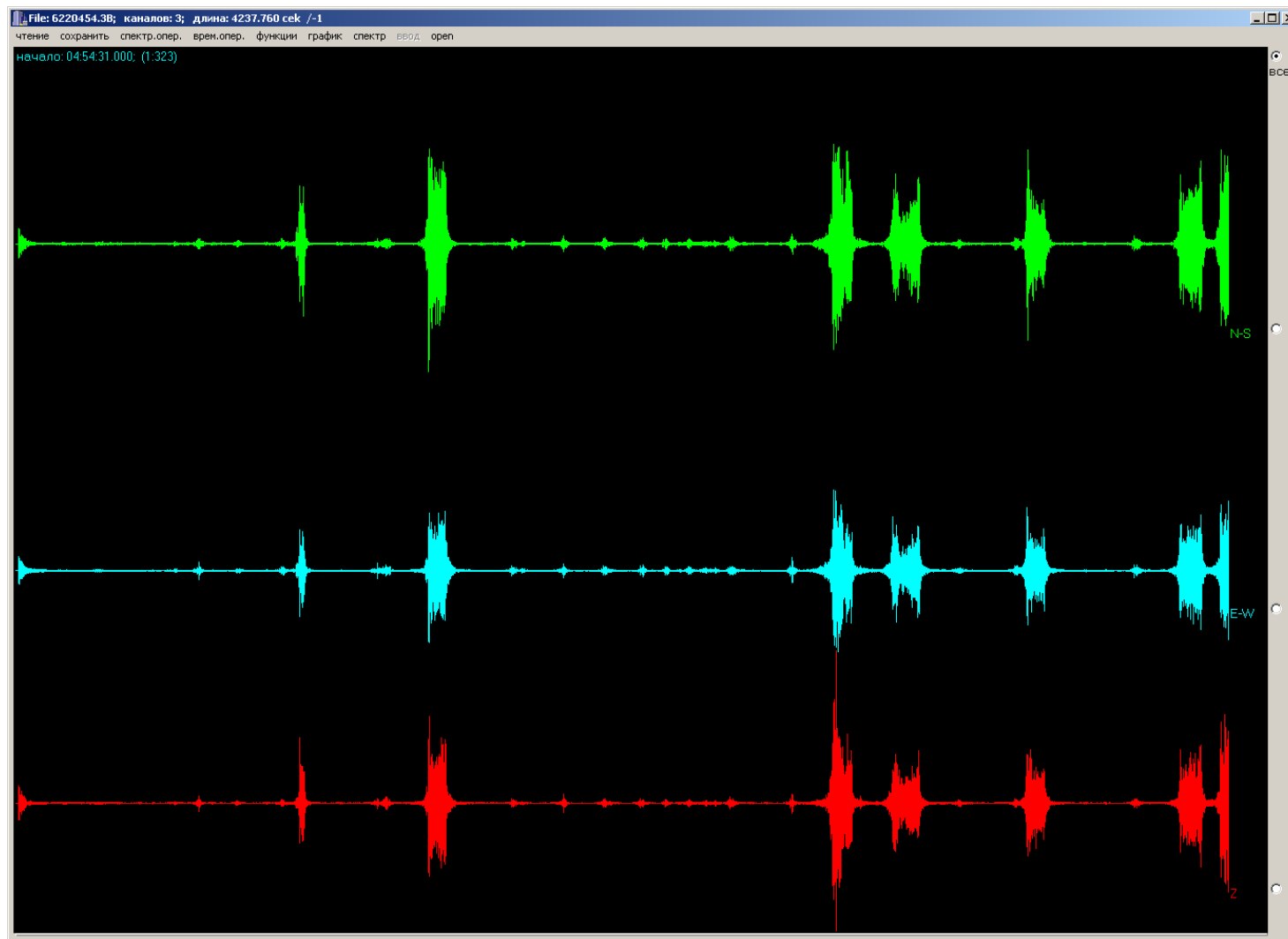
# Сейсмограмма селевого потока на реке Кынгарга, пос. Аршан, 2014 г.



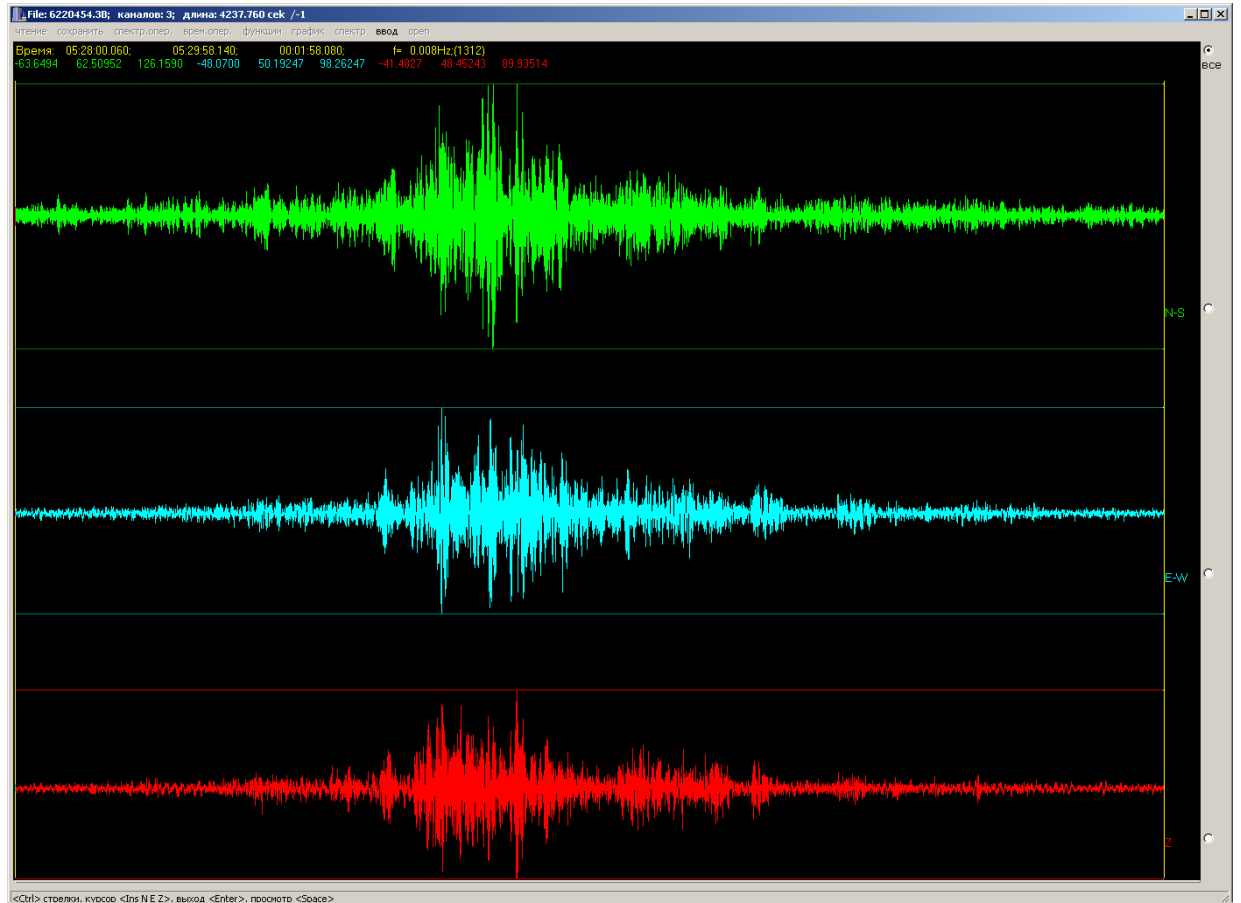
# Охранные системы на основе сейсмических датчиков



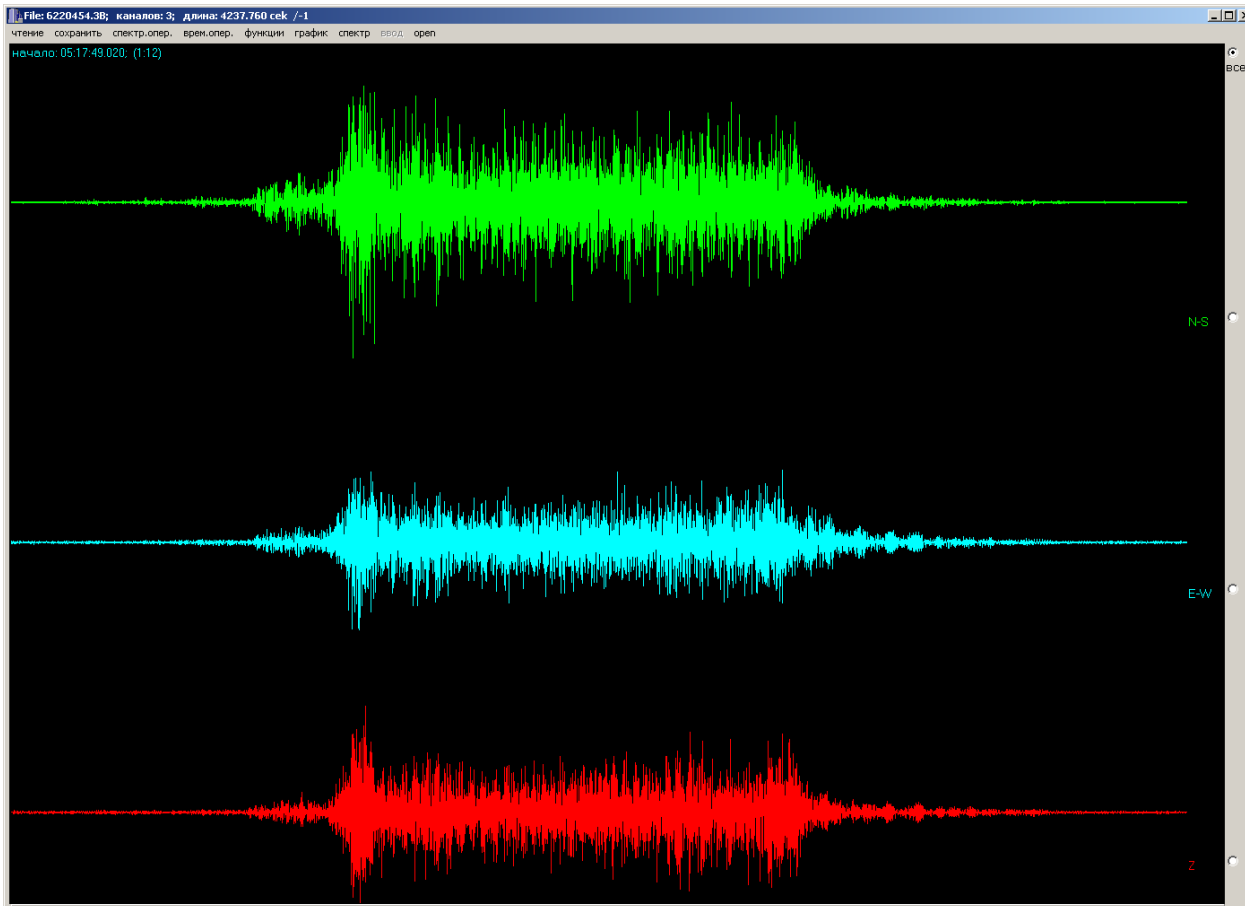
# «Придорожная» сейсмограмма



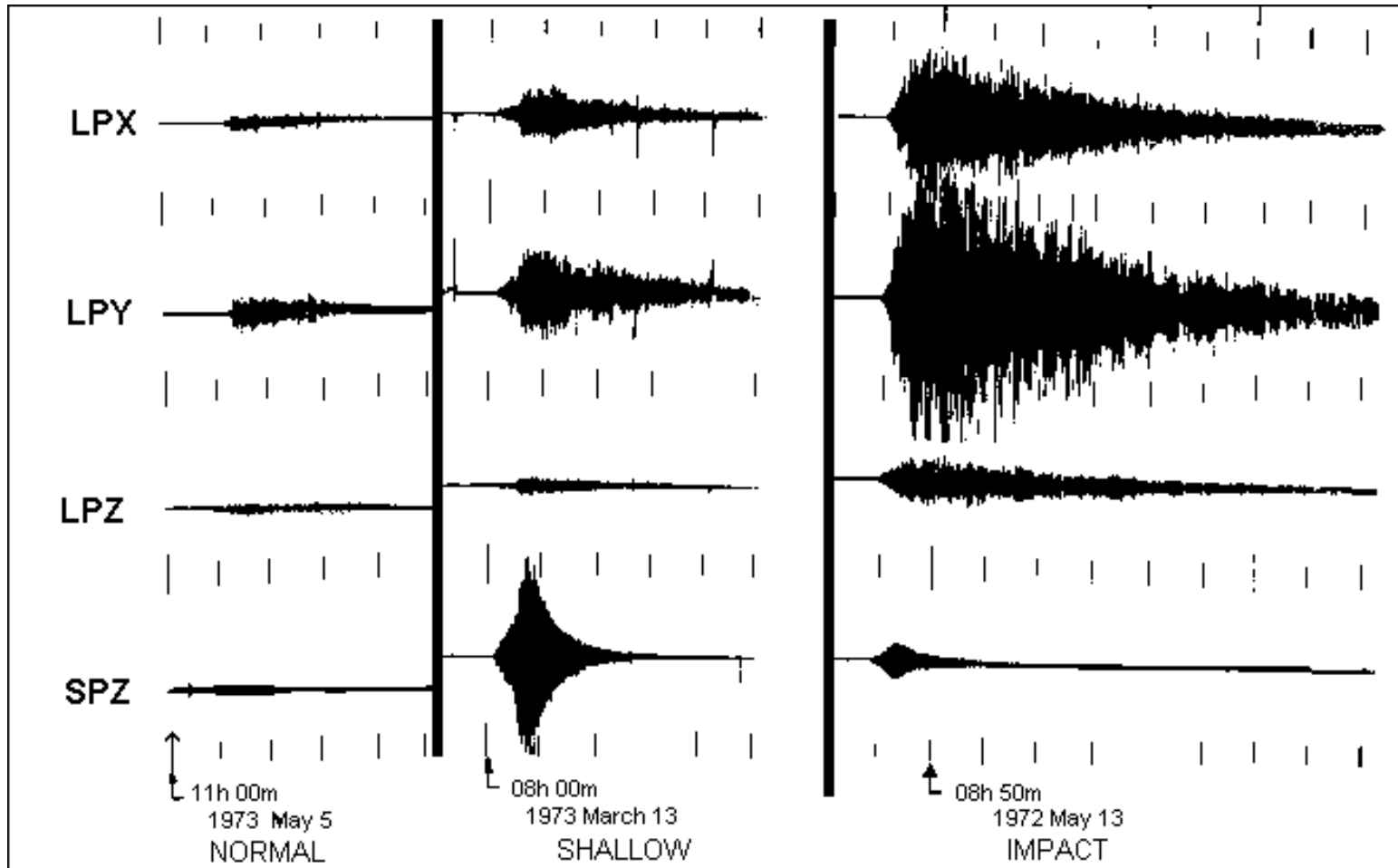
# «Придорожная» сейсмограмма



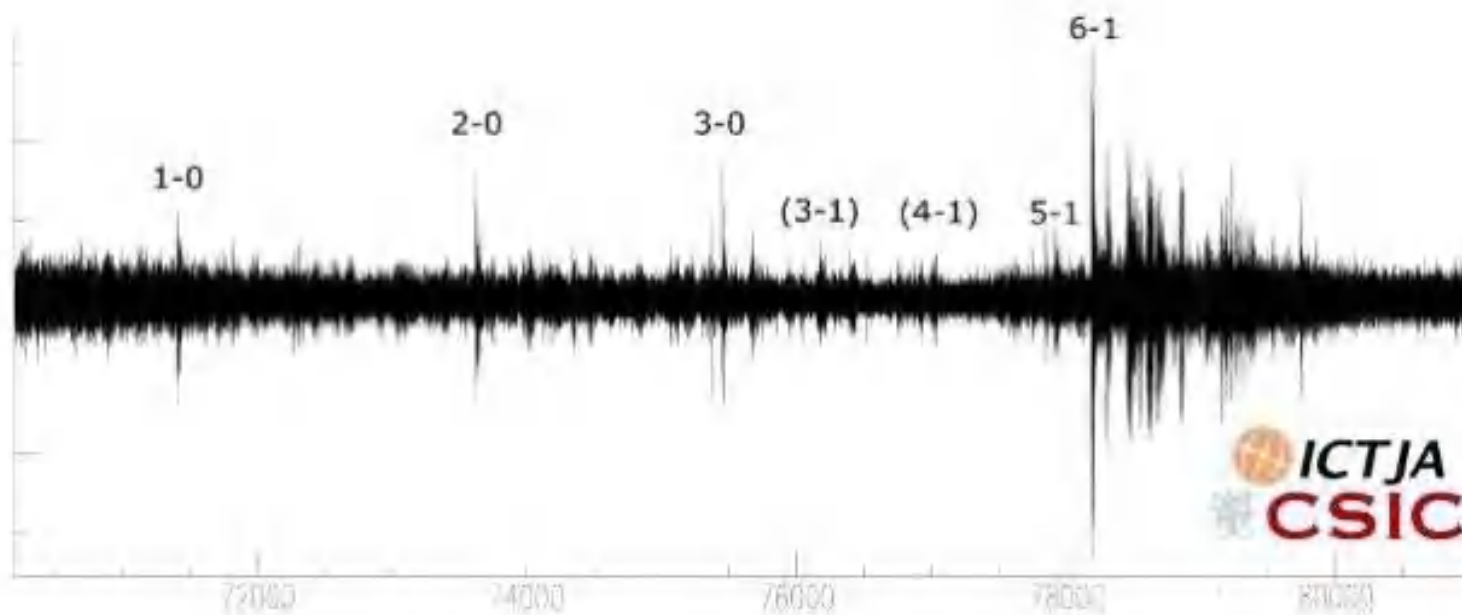
# «Придорожная» сейсмограмма



# Лунотрясения (миссия Аролло 16)



# Сейсмограмма матча Барселона – ПСЖ 8 марта 2017 г. 6:1



Goals reflected in the seismogram recorded by the researcher Jordi Díaz. ICTJA / CSIC



# Землетрясение Тохоку 11 марта 2011 г., M=9

Вблизи восточного побережья Хонсю  
Граница Тихоокеанской и  
Североамериканской плит

