



Проверка механизма упругой отдачи в районе сильного землетрясения по данным GPS измерений

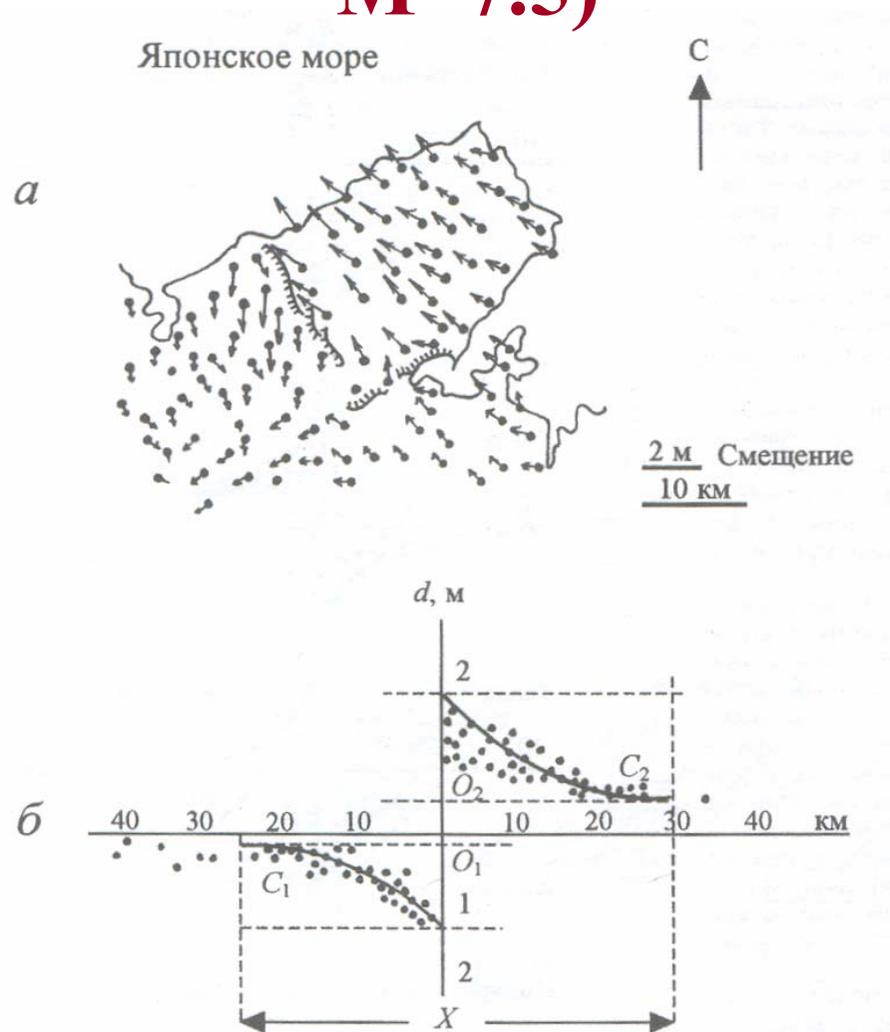
Кафтан В.И., Красноперов Р.И., Юровский П.П.

Сагитовские чтения, Май, 2011

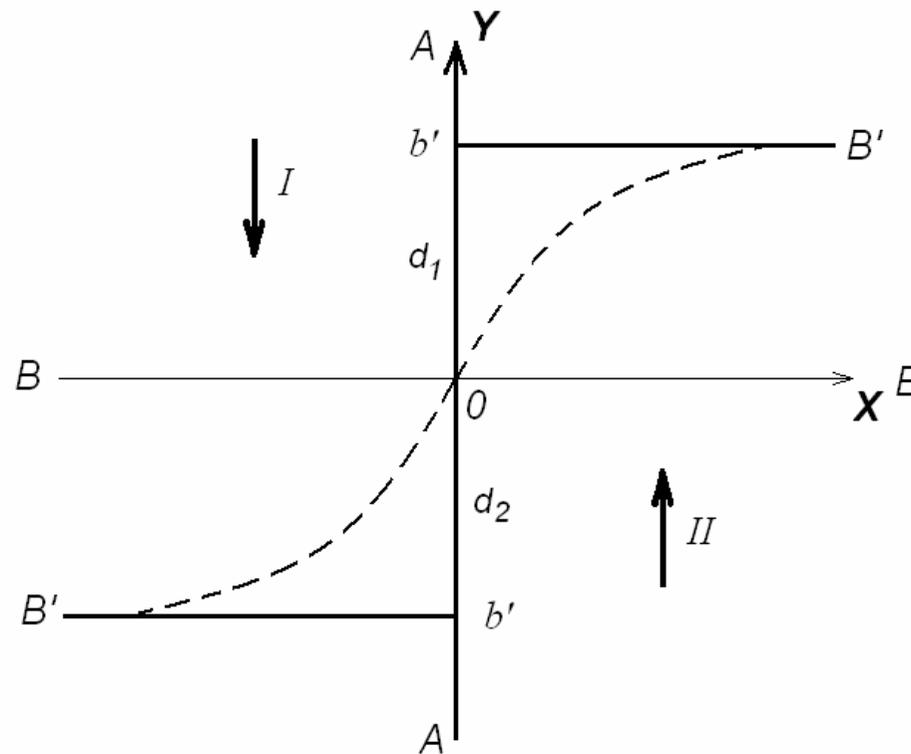
100 летняя история модели упругой отдачи

- Землетрясение в Сан-Франциско, 18 апреля 1906 г., $M=7.9$
- Reid, H.F., The Mechanics of the Earthquake, The California Earthquake of April 18, 1906, Report of the State Investigation Commission, Vol.2, Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C. **1910**
- Kanamori H. Mode of strain release associated with major earthquake in Japan / In: Donath F.A. (editor) Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Annual Reviews, Palo Alto, Calif. – 1972.- 1.- 213
- Некоторые российские геодезисты пропагандируют эту модель

Классический пример смещений при землетрясении в Танго (Япония, 1927, $M=7.5$)

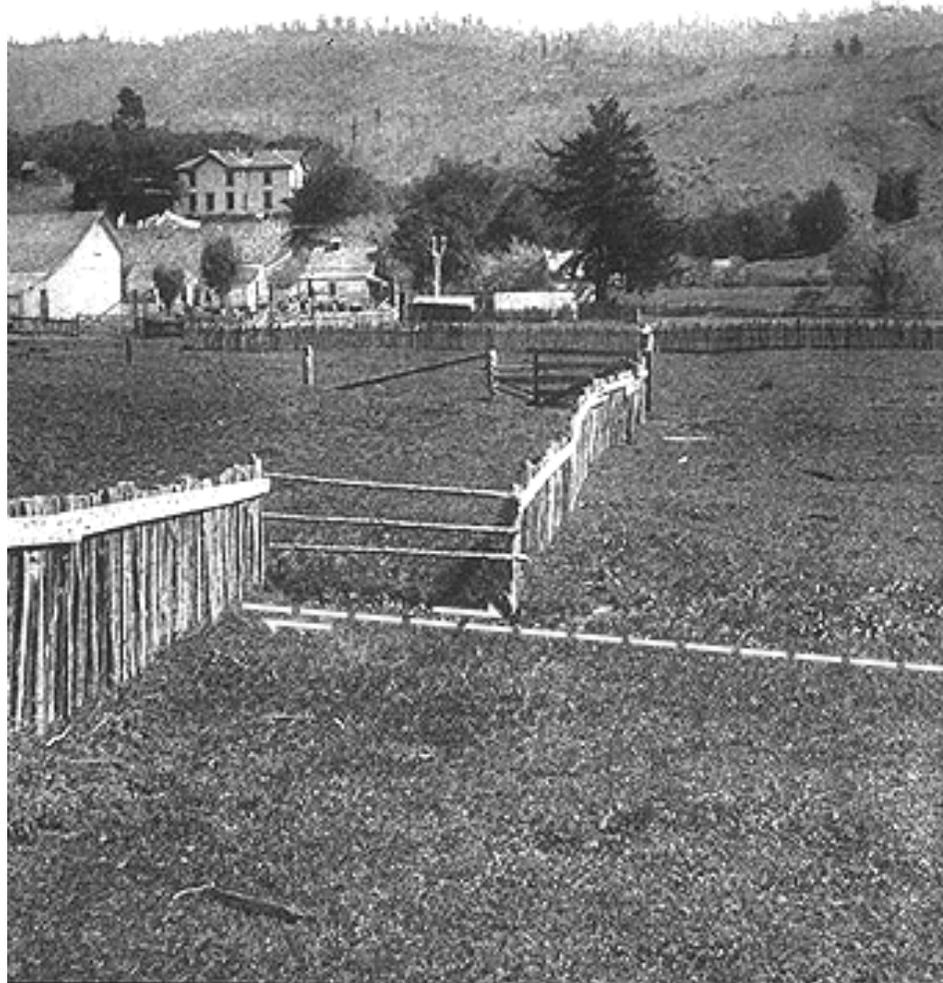


Упругая отдача (случай 1: первая эпоха в начале накопления упругой деформации)



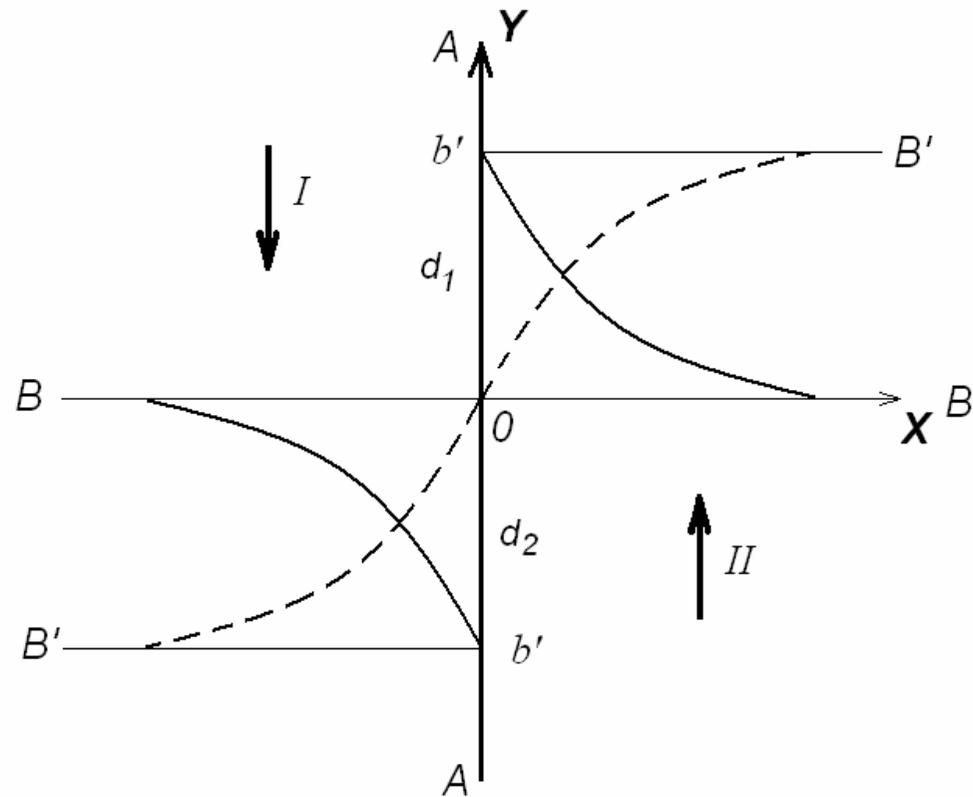
Сагитовские чтения, Май, 2011

Изгородь на разломе Сан-Андреас



Сагитовские чтения, Май, 2011

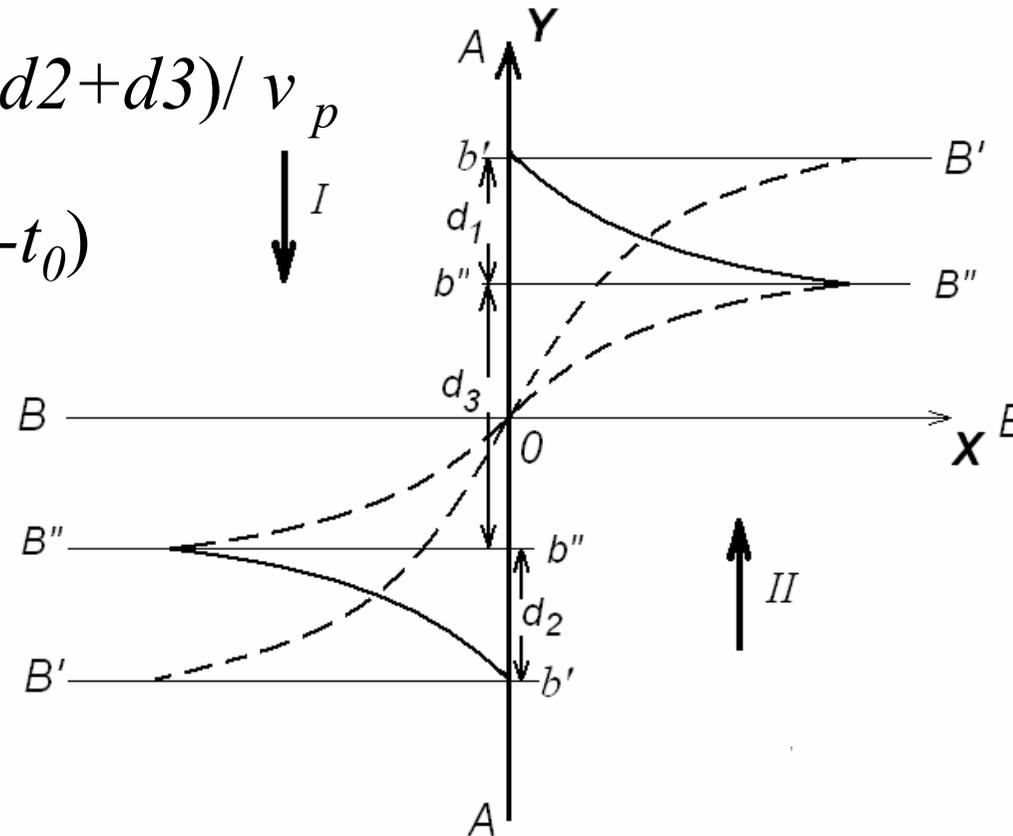
Упругая отдача (случай 2: первая эпоха за день до момента землетрясения)



Сагитовские чтения, Май, 2011

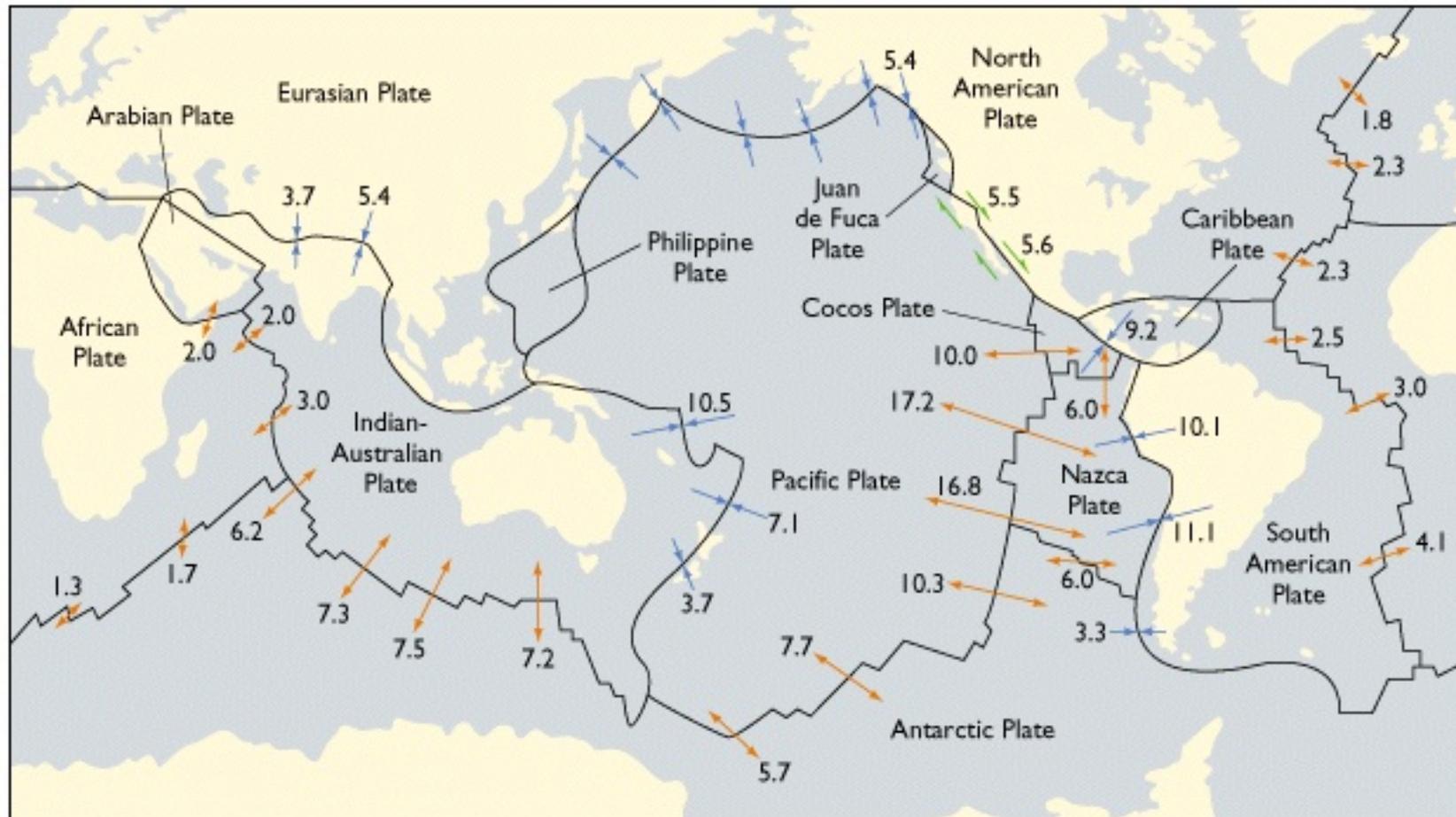
Упругая отдача (общий случай 3: первая эпоха на деформированной поверхности)

- $T_p = (d1 + d2 + d3) / v_p$
- $v_p = d3 / (t_i - t_0)$

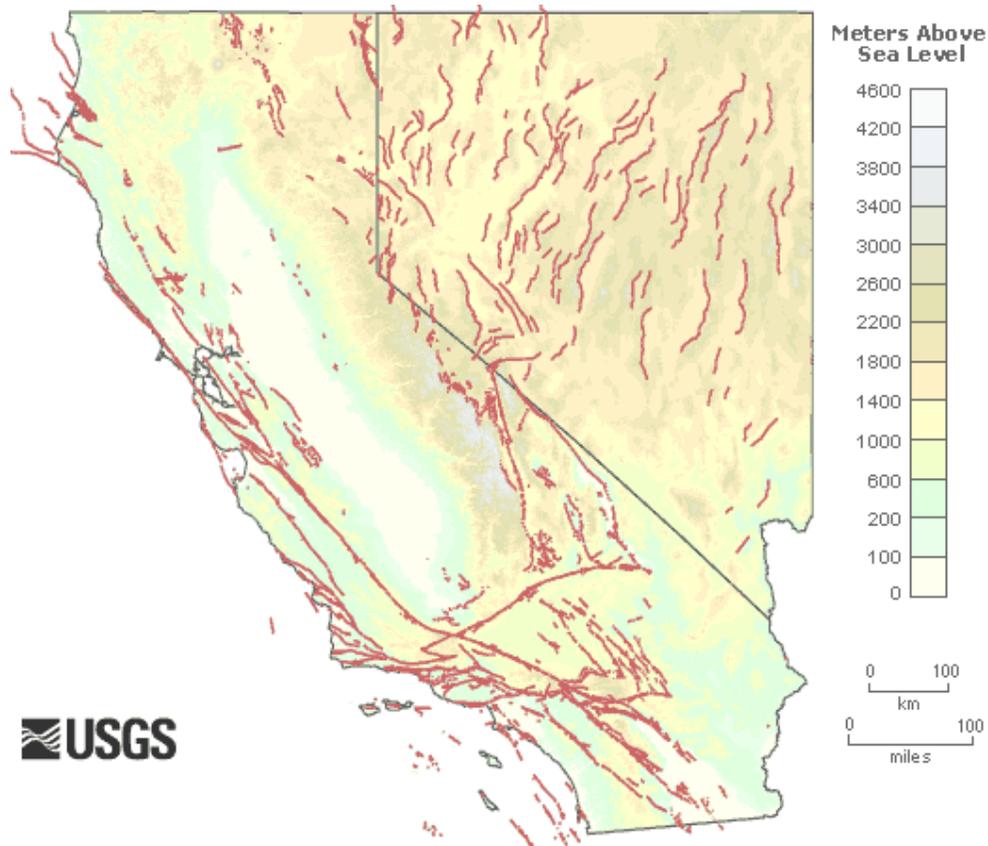


Сагитовские чтения, Май, 2011

**Три типа границ литосферных плит:
дивергентные, конвергентные, трансформные.
Модель более применима к последнему типу.**



Район исследований



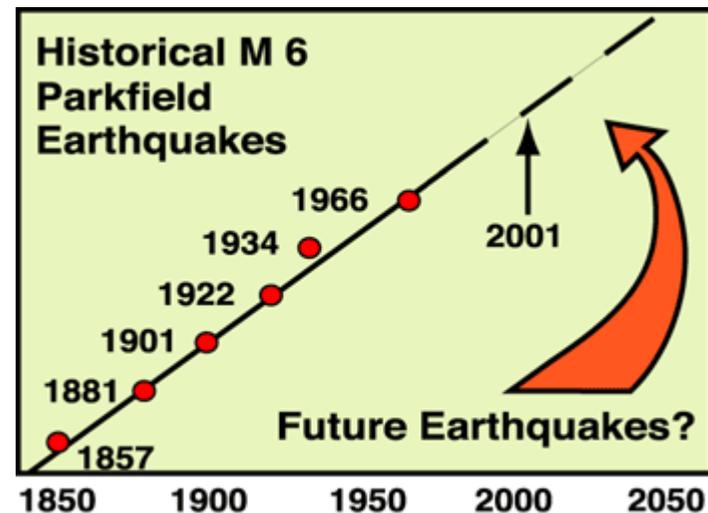
Тектоническая карта разломов
(Калифорния, США)

Разлом Сан-Андреас
(Калифорния, США)

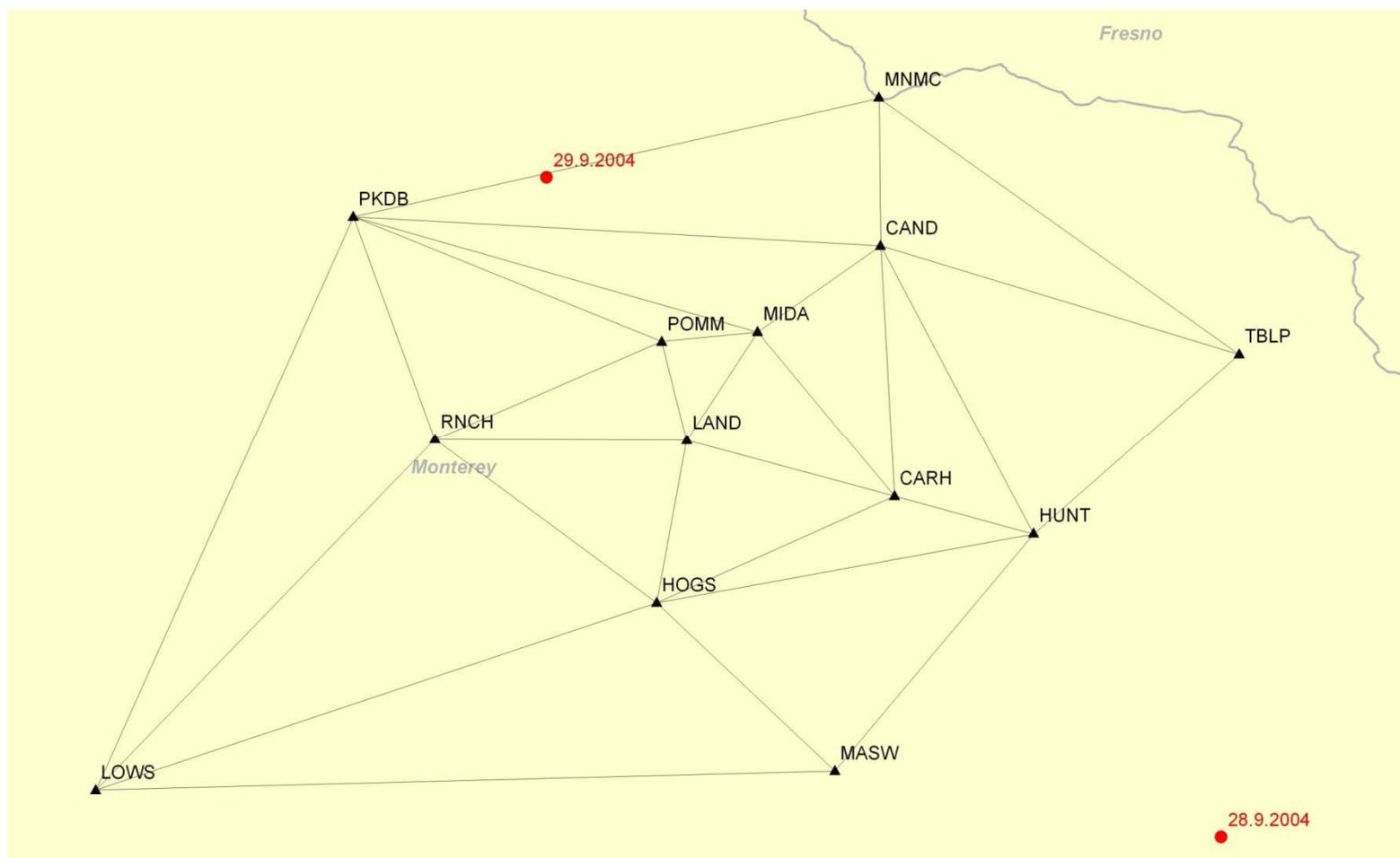
Сагитовские чтения, Май, 2011

Parkfield prediction experiment. California Integrated Seismic Network.

- Долгосрочный прогноз момента сильного землетрясения 1985-1993
- Прогноз основан на регулярности повторений
- Место было предсказано точно

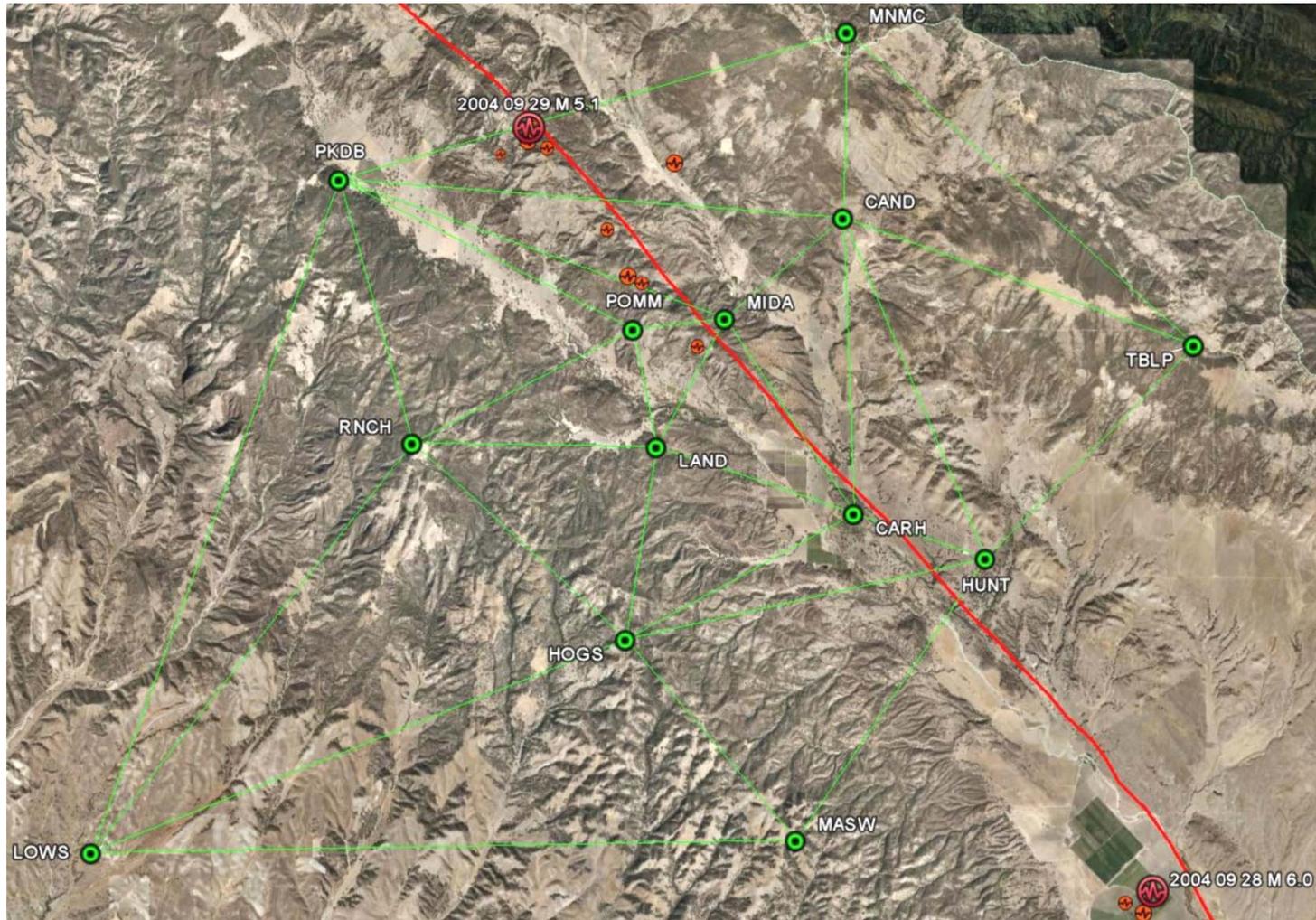


РВО GPS сеть (Измерительное средство эксперимента)



Главные эпицентры землетрясения , 28-29 сентября 2004 г. (М 6.0 и 5.1)

РВО GPS сеть



Эпицентры и главная линия разлома

Сагитовские чтения, Май, 2011

Характеристики GPS сети

Число пунктов:	13
Число отобранных векторов:	30
Длины векторов:	1—14 km
Организация:	PBO (Plate Boundary Observatory)
Режим измерений:	непрерывный

Примеры постоянно-действующих пунктов РВО



Сагитовские чтения, Май, 2011

Характеристики используемых результатов измерений

- Архивные данные SOPAC были использованы для вычисления пространственных векторов приращений координат
- Интервал измерений: 01.01.2002—27.12.2006
- Число обработанных эпох: 365
- Интервал между эпохами: 5d
- Программное обеспечение: Topcon Tools v. 7.1

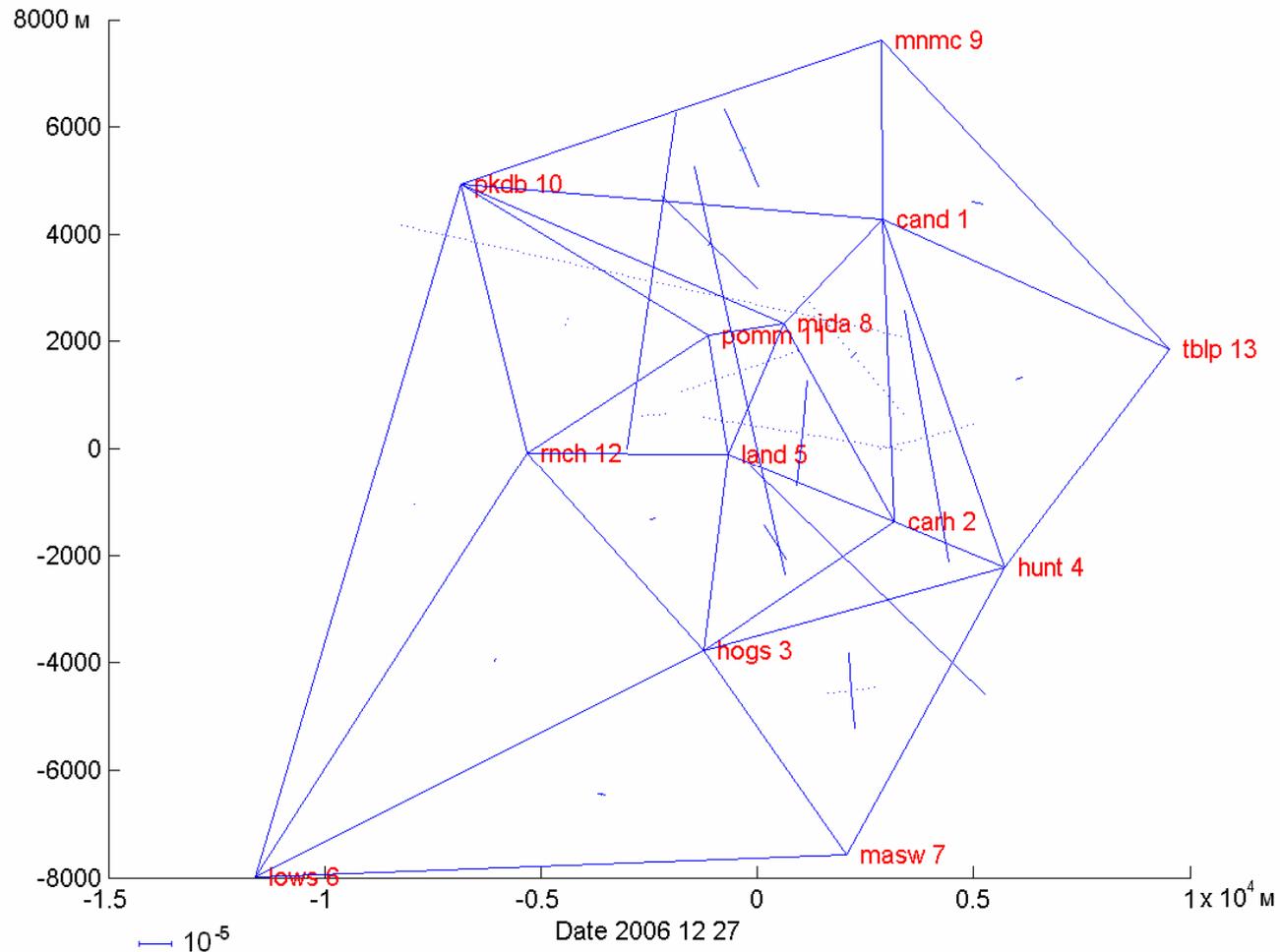
Анализ движений и деформаций земной поверхности

- Первичные данные:
 - Векторы приращений координат
 - Ковариационные матрицы
- Обработка (разработана и использована специальная программа)
 - Вычисление временных изменений векторов
 - Вычисление ковариационных матриц
 - Специальное уравнивание для определения смещений

Анализ движений и деформаций земной поверхности

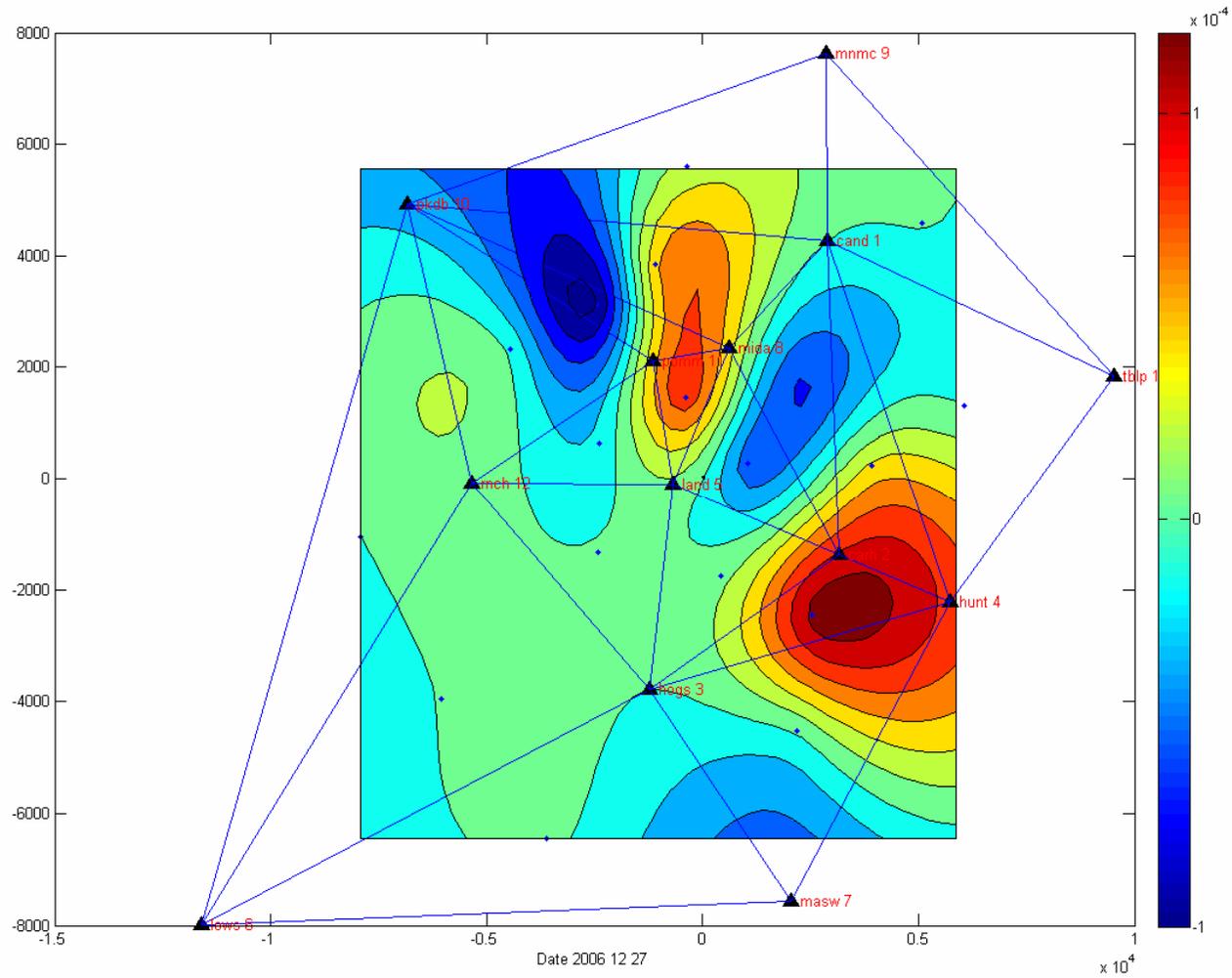
- Деформационный анализ
 - Трансформирование в локальную систему отсчета (NEU)
 - Вычисление компонент деформаций
 - Оценка точности
- Графическое и видео представление

Оси главных деформаций



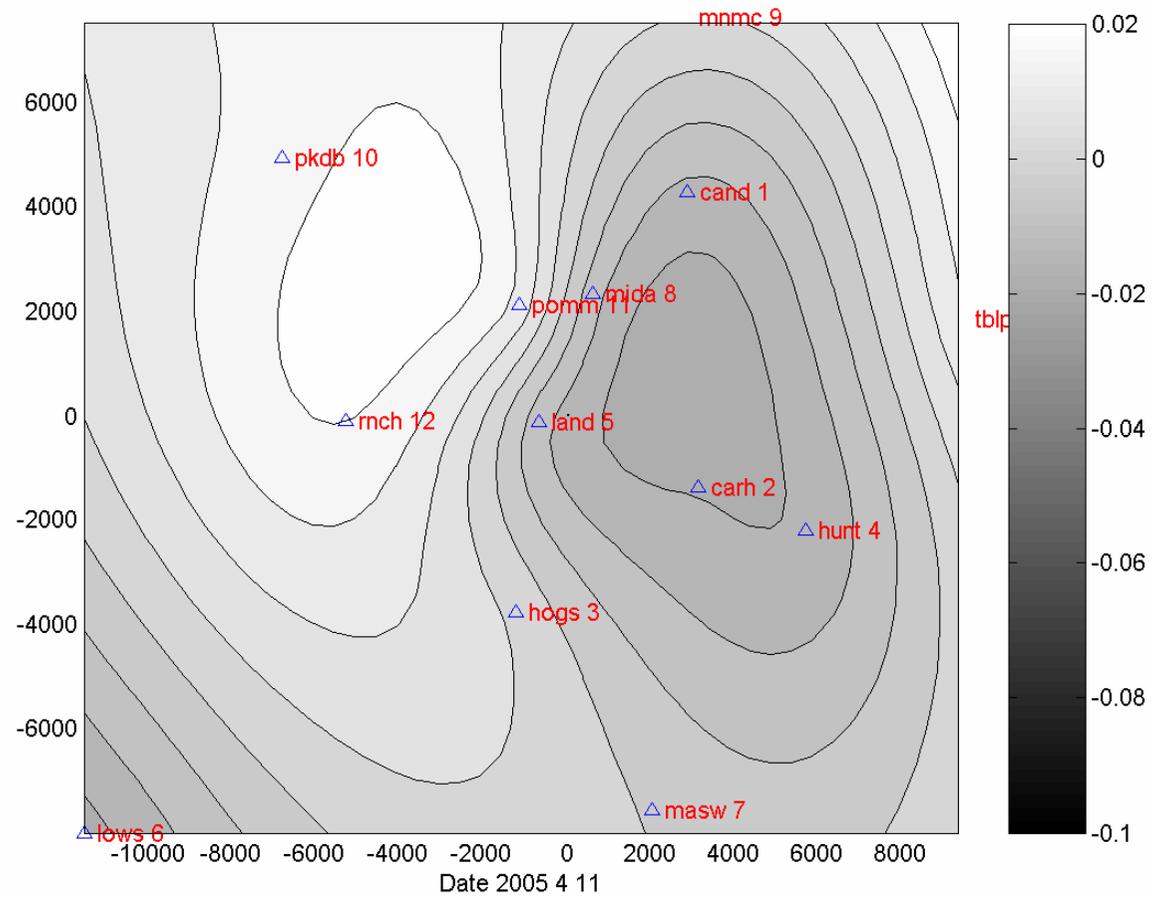
Сагитовские чтения, Май, 2011

Дилатация



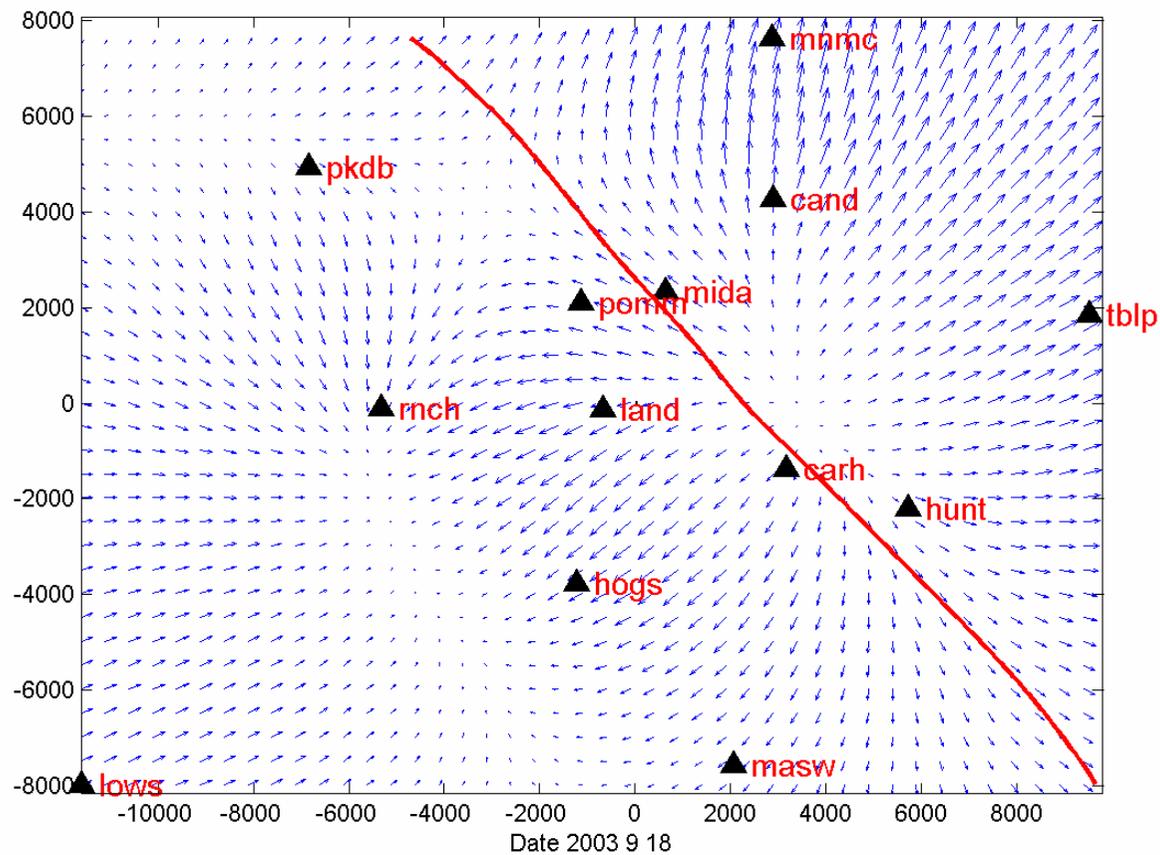
Сагитовские чтения, Май, 2011

Вертикальные смещения



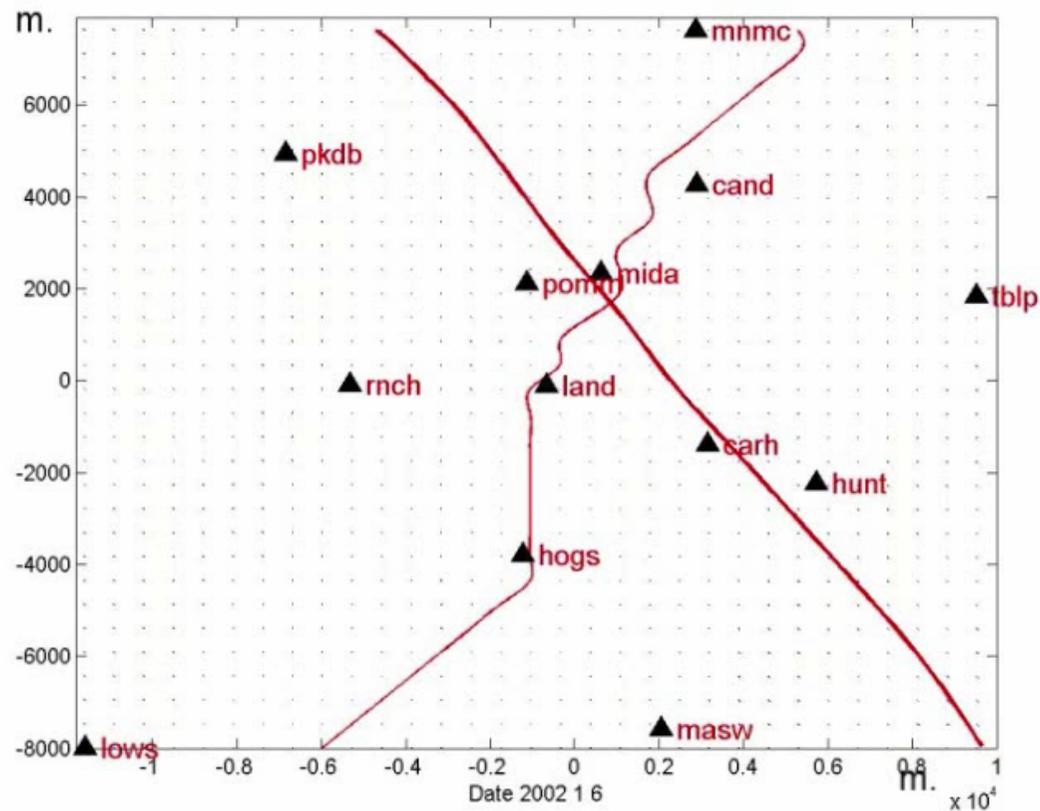
Сагитовские чтения, Май, 2011

Горизонтальные градиенты вертикальных смещений

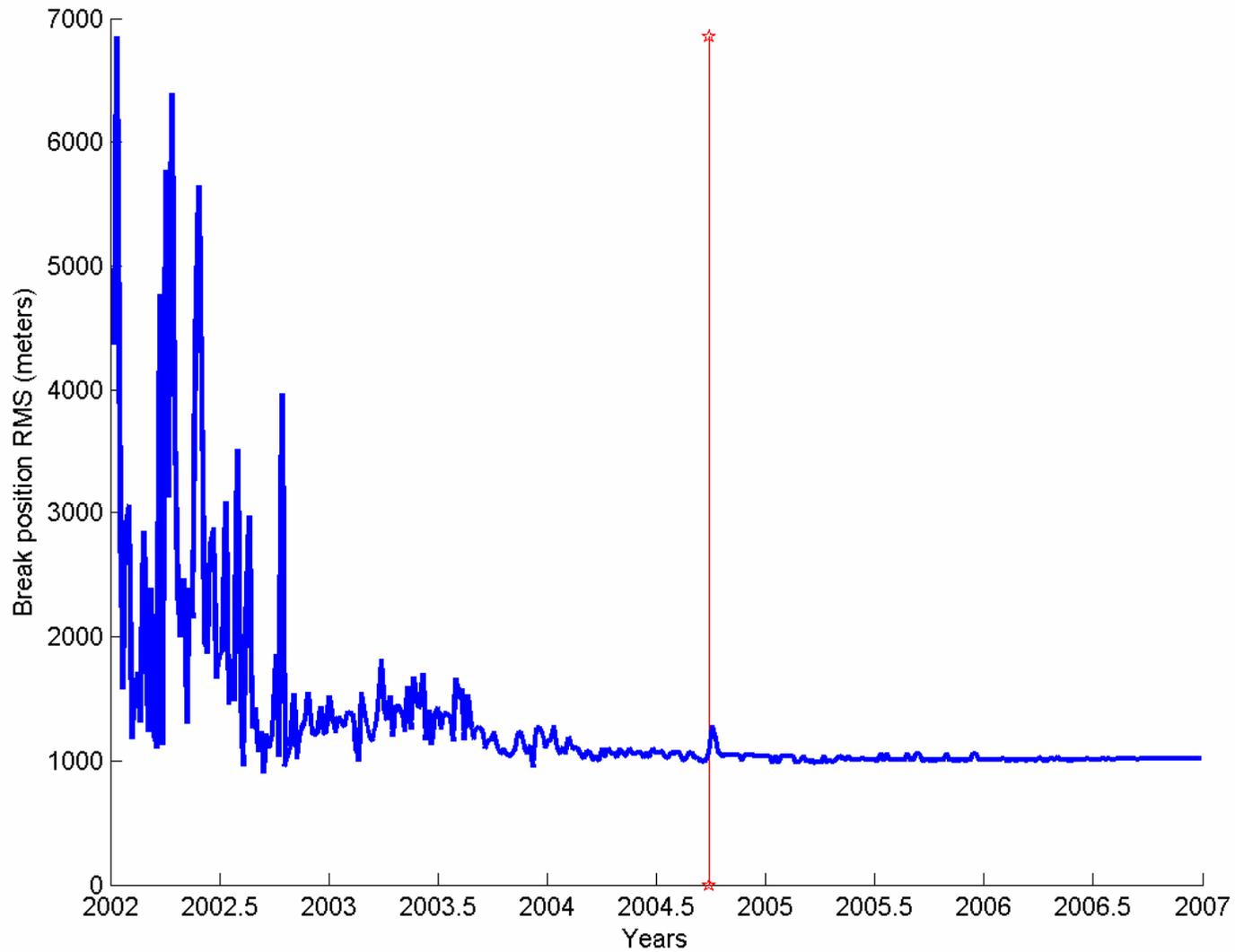


Сагитовские чтения, Май, 2011

Горизонтальные смещения (цифровая модель)

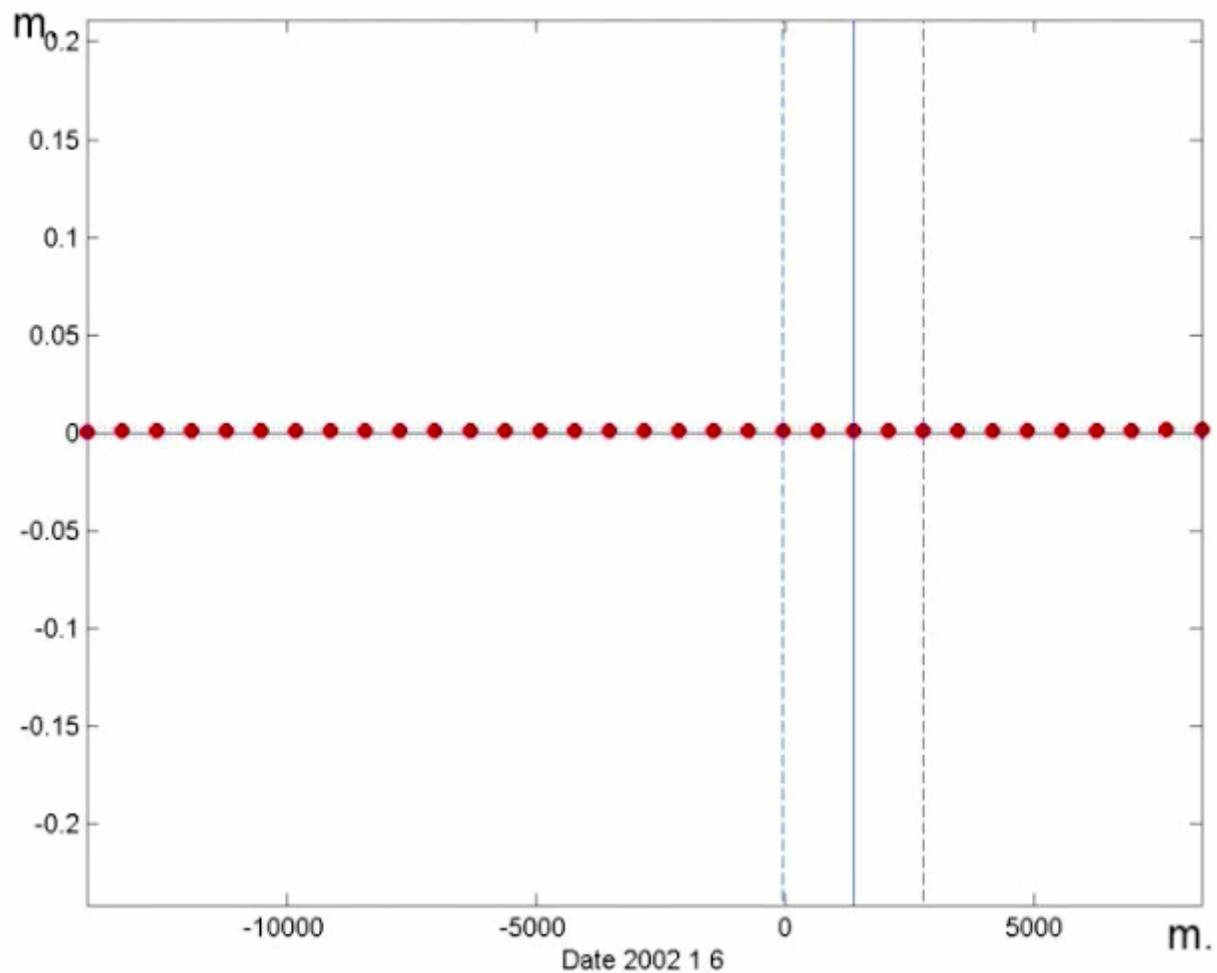


СКО положения разрыва

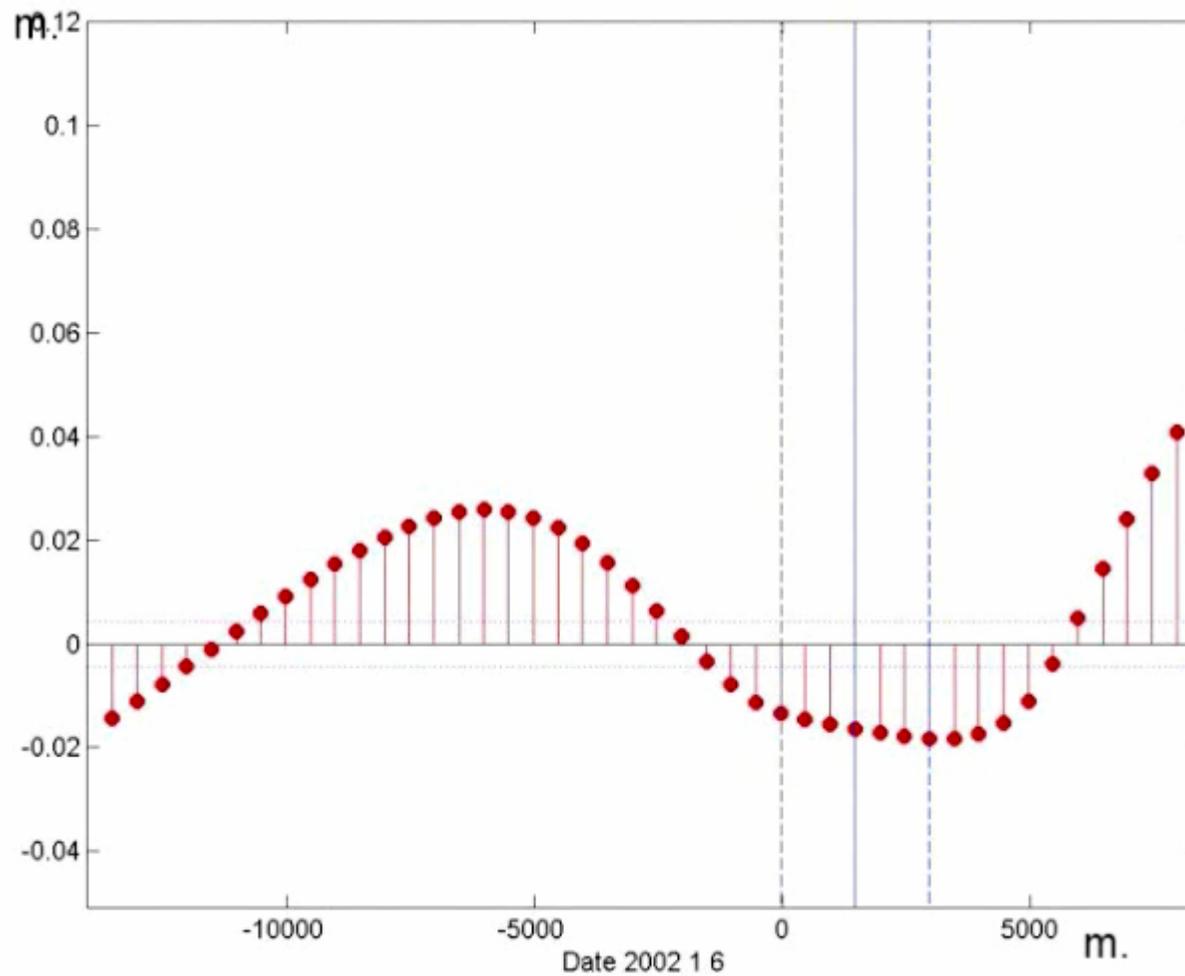


Сагитовские чтения, Май, 2011

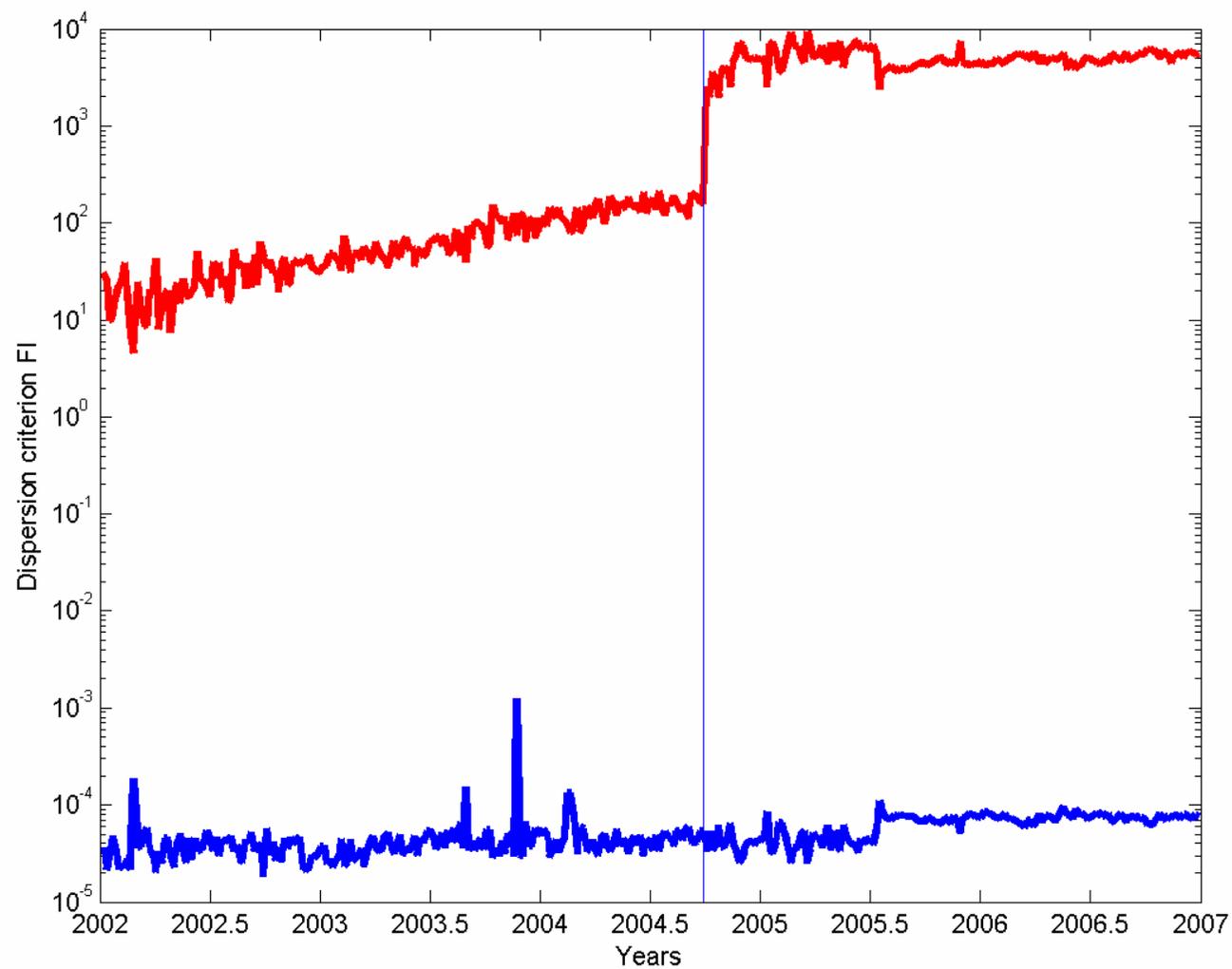
Анимационное представление упругой отдачи



Вертикальные смещения поперек разлома

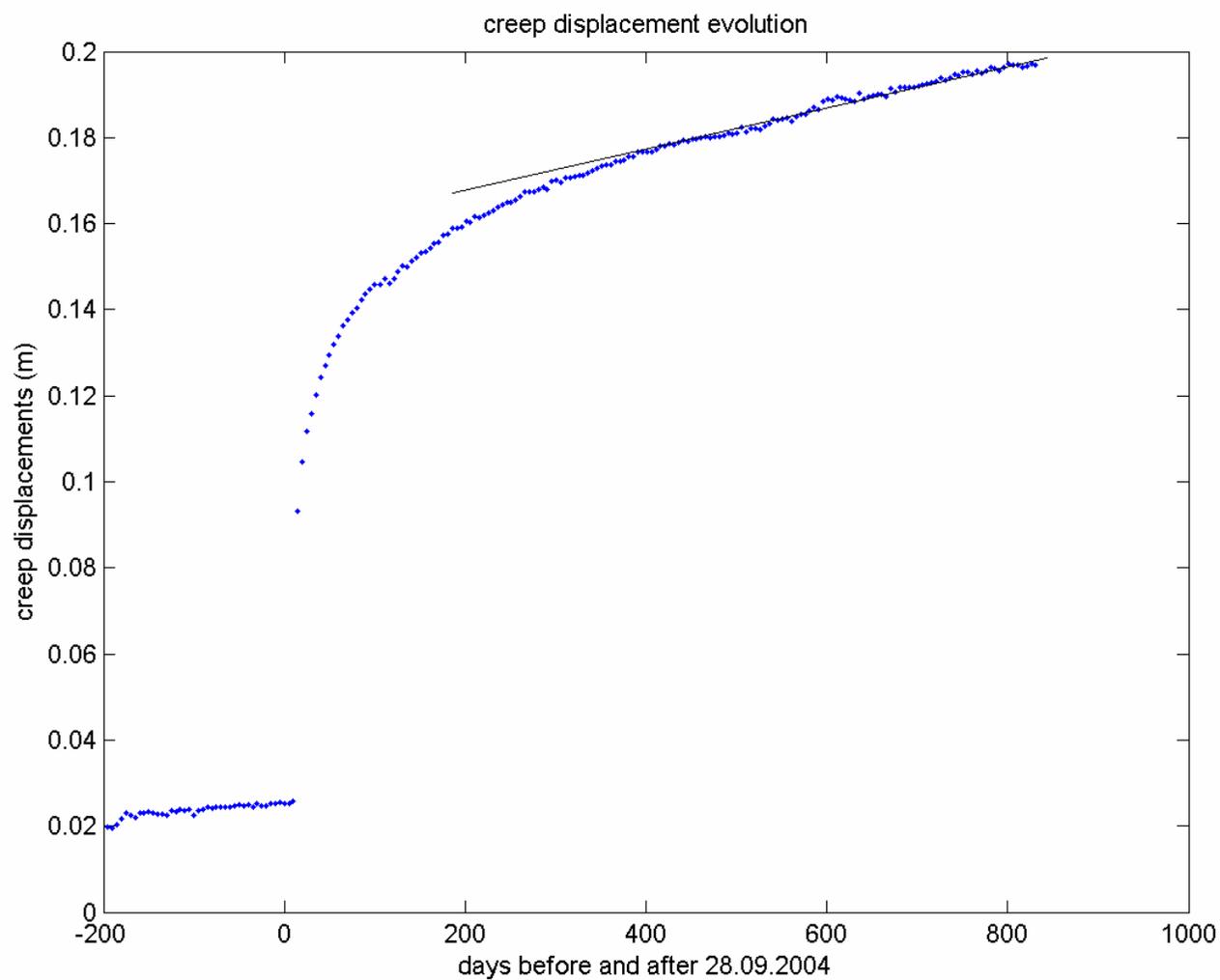


«Глобальный» деформационный тест



Сагитовские чтения, Май, 2011

Поведение криповых смещений до и после землетрясения



Сагитовские чтения, Май, 2011

Заключение

- 1) Представленные результаты демонстрируют геодезические возможности для моделирования процесса подготовки и разрядки землетрясения.
- 2) Непрерывные ГНСС наблюдения могут быть эффективны для выявления «запертых» или активных зон разлома.
- 3) Анализ крипа в течение непрерывных наблюдений обеспечивает оценку риска возникновения очередного землетрясения.



Благодарю за внимание