

AEROSPACE

ЧЕТВЕРТАЯ ОТКРЫТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА**

(Физические основы, методы и технологии мониторинга
окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)



**Бондур В.Г.
Зверев А.Т**

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ
ЛИНЕАМЕНТНОГО АНАЛИЗА КОСМИЧЕСКИХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ**

ЦПМ «АЭРОКОСМОС»

Россия, г.Москва, Гороховский пер., д.4, 105064
Тел.: 632-16-54, тел./факс: 632-11-78; E-mail:
vgbondur@online.ru

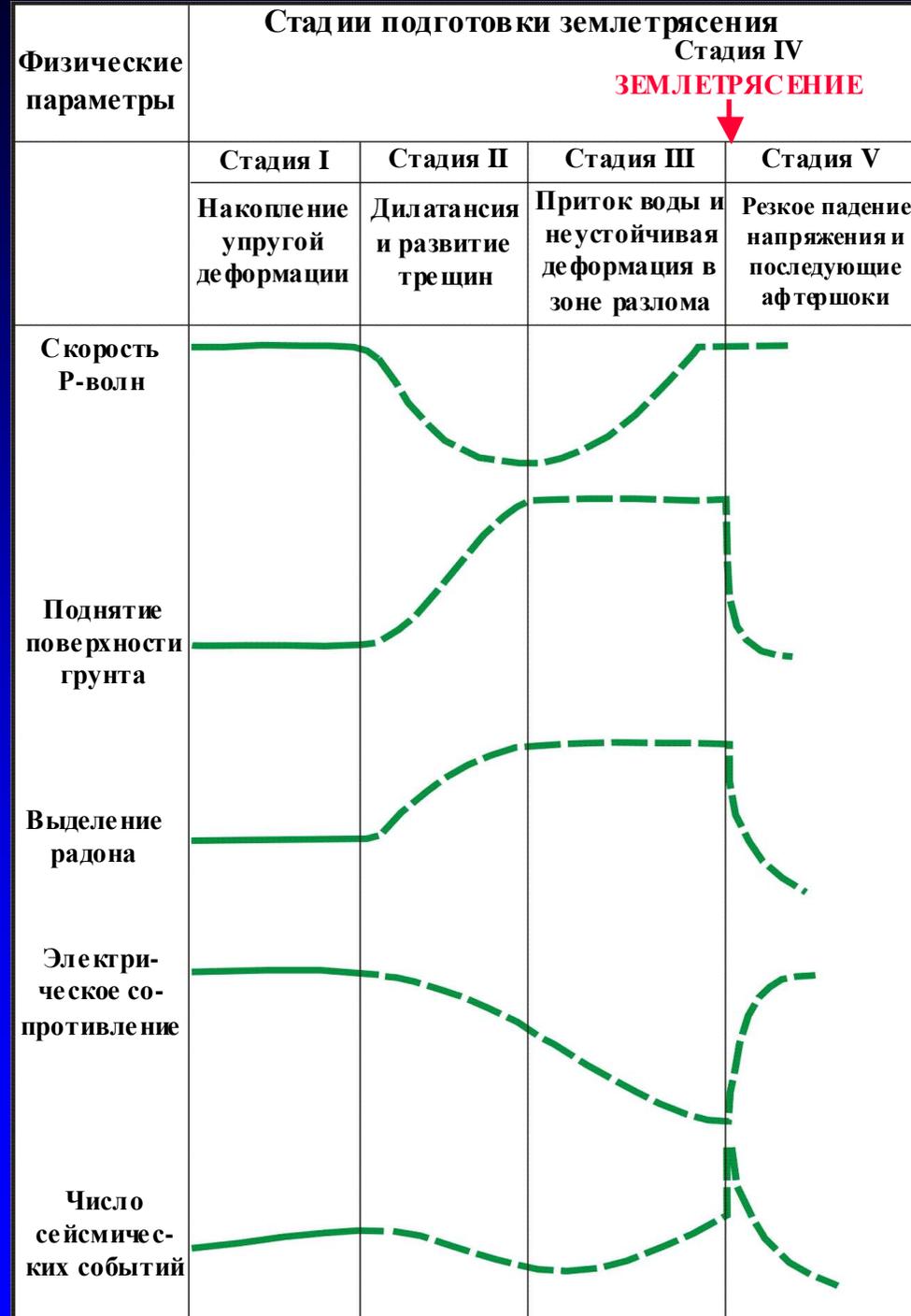


Научные предпосылки нового метода прогнозирования землетрясений

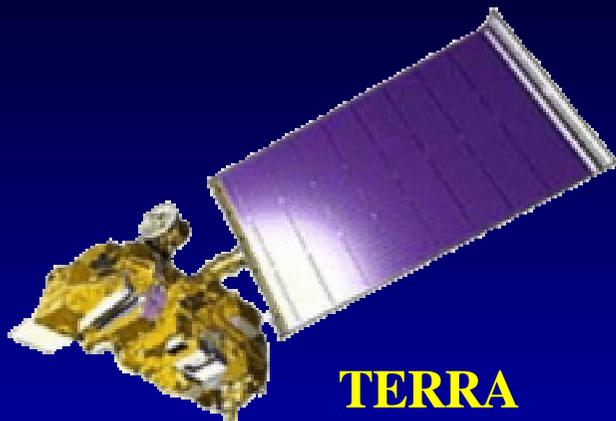
1. Прерывисто-поступательный характер развития сейсмических событий
2. Закономерное изменение напряженно-деформированного состояния земной коры
3. Цикличность предвестников землетрясений
4. Приуроченность очагов землетрясений к местам пересечений разломов и районам максимальной плотности разрывов
5. Развитие неустойчивости деформируемой породы на предельных нагрузках сопровождается процессами трещинообразования
6. Доступность космической информации и наличие оперативных компьютерных технологий ее обработки
7. Экспериментальное подтверждение возможностей регистрации из космоса геодинамических предвестников землетрясений

Стадии подготовки землетрясения (Predicting Earthquakes.

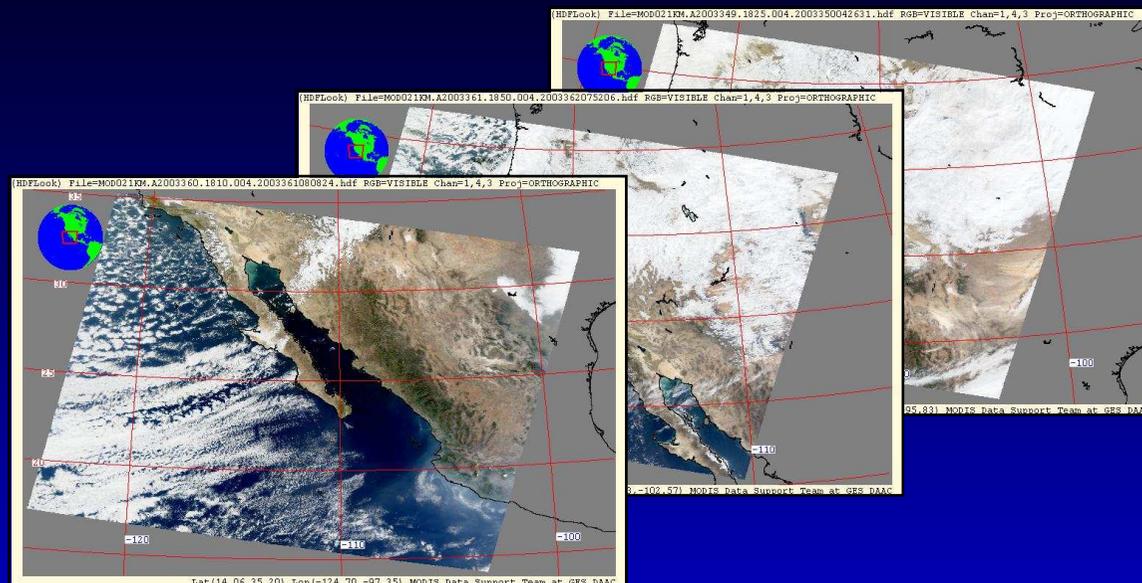
National Academy of Sciences, 1976):



Космические средства, используемые для мониторинга геодинамических предвестников

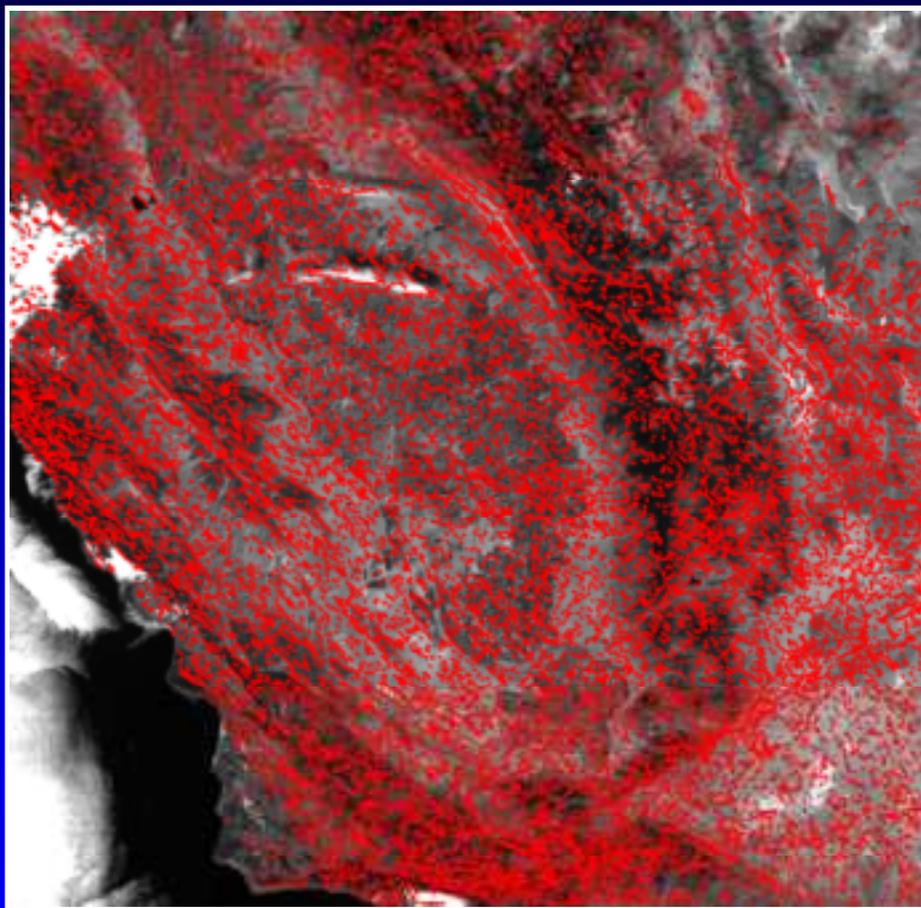


TERRA

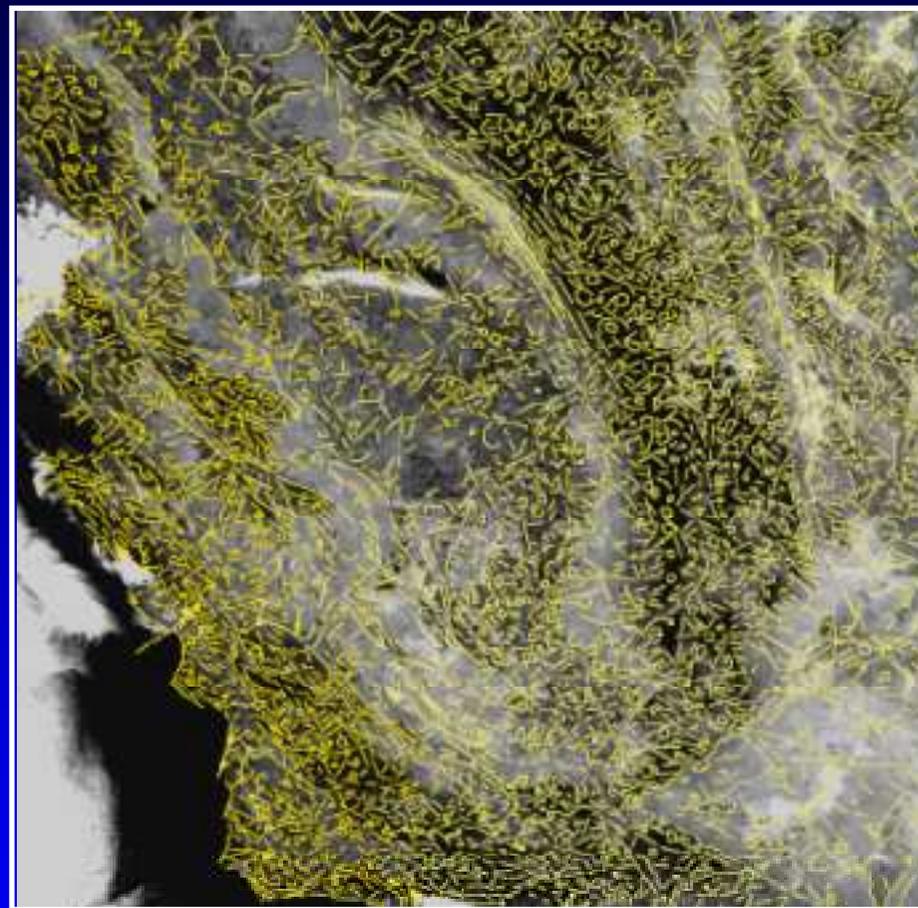


Параметры орбиты	Средства ДЗЗ и их характеристики		
	Аппаратура	Спектральные зоны и их пространственное разрешение	Захват
TERRA H=705 км, i=98,2°	MODIS	36 каналов (0,4-14 мкм) 1,2 – 250 м; 3-7 – 500 м; 8-36 – 1000 м	2230 км
	ASTER	14 каналов (0,52-11,65 мкм) 1-3 – 15 м; 4-9 – 30 м; 10-14 – 90 м	60x60 км

**Схемы линеаментов на район землетрясения вблизи г.Паркфилд,
полученные в автоматическом режиме и вручную**

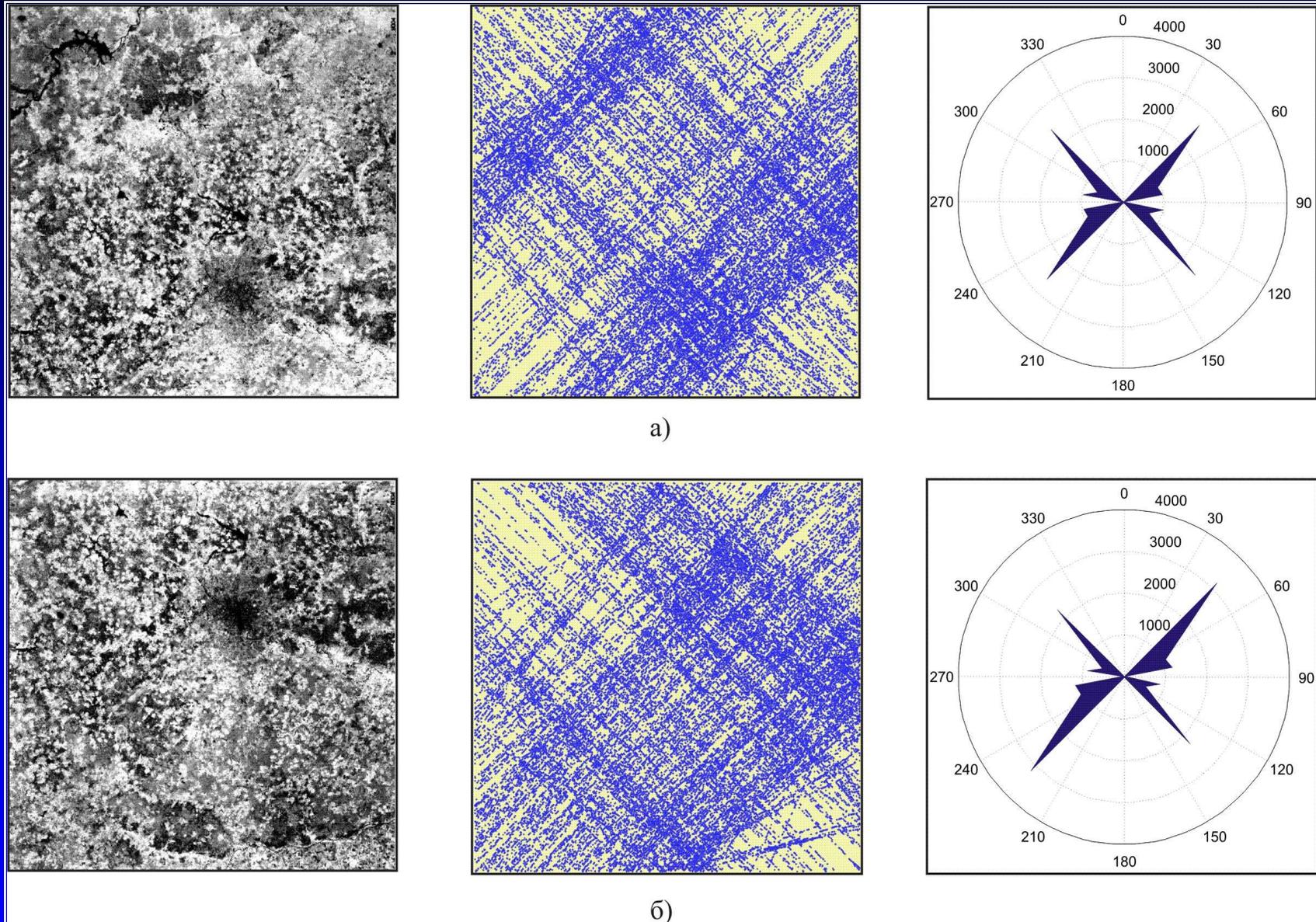


**Схема линеаментов, полученная
с помощью программы LESSA
при пороге 40**



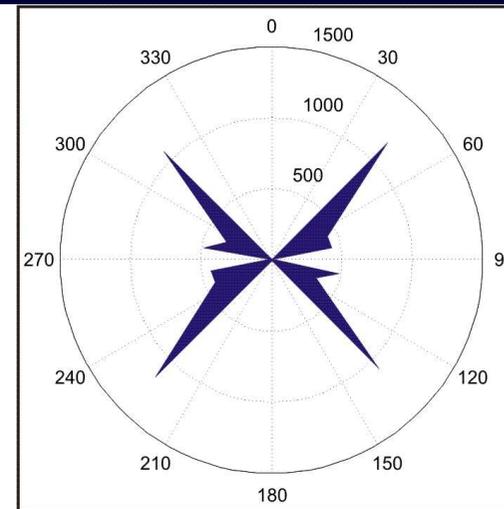
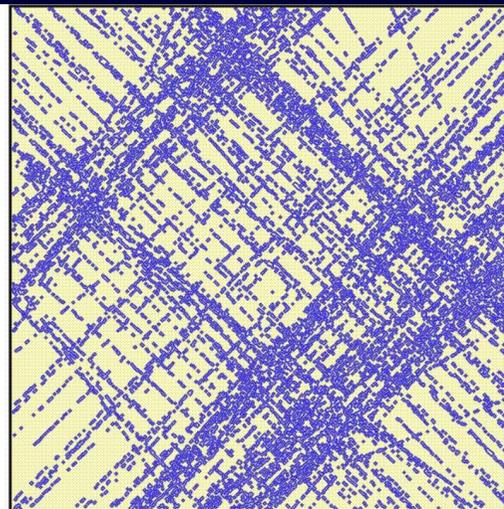
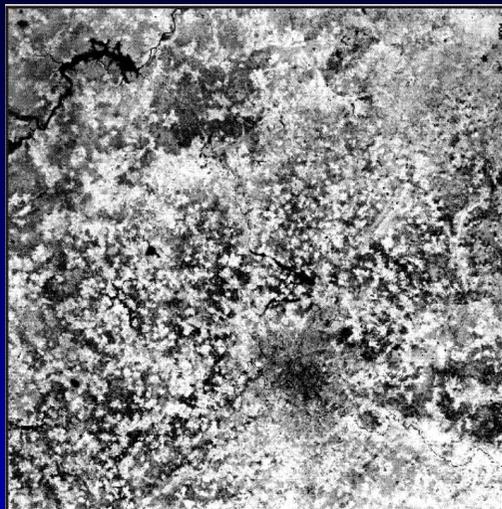
**Схема линеаментов, полученная
при ручном дешифрировании
(составил Ю.В. Нечаев)**

Фрагменты изображений, наложенные на них линеаменты, схемы линеаментов и розы-диаграммы, полученные со спутника Ресурс Ф1 в 1992 г. при пороге 90

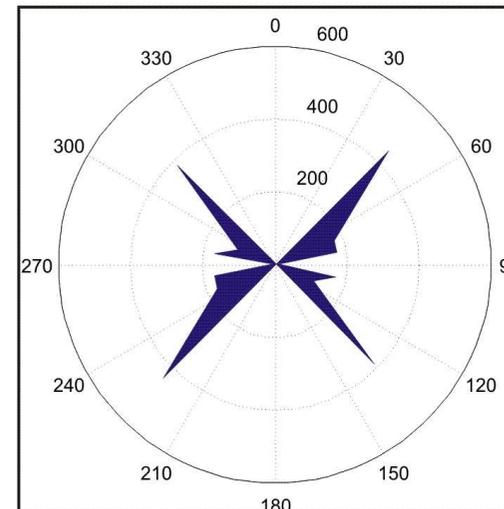
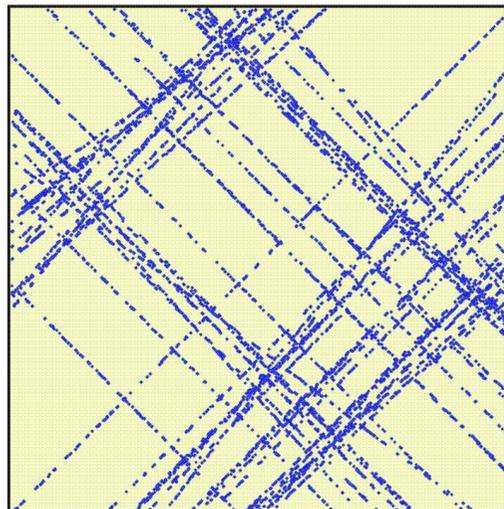
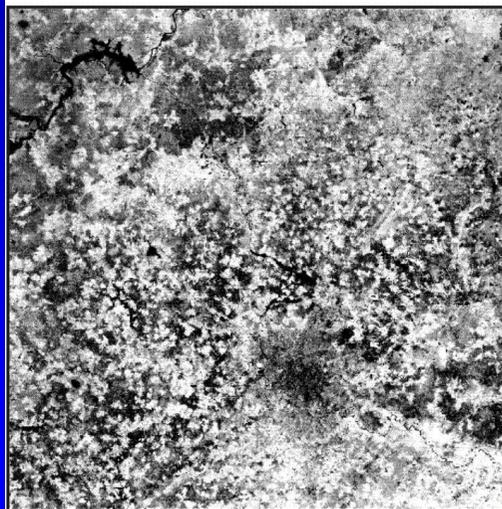


**а) изображение северной части Московского региона;
б) изображение южной части Московского региона**

**Фрагменты изображений, наложенные на них линеаменты, схемы
линементов и розы-диаграммы, полученные на северную часть
Московского региона со спутника Ресурс Ф1 в 1992 г.**



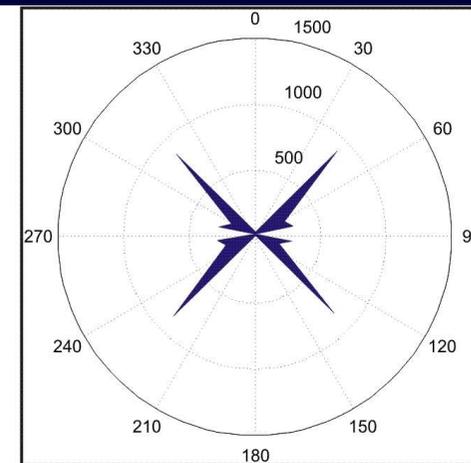
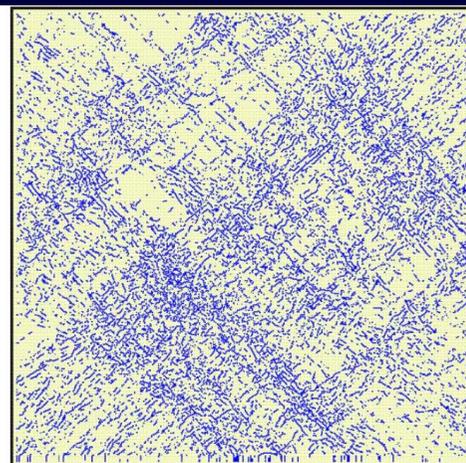
а)



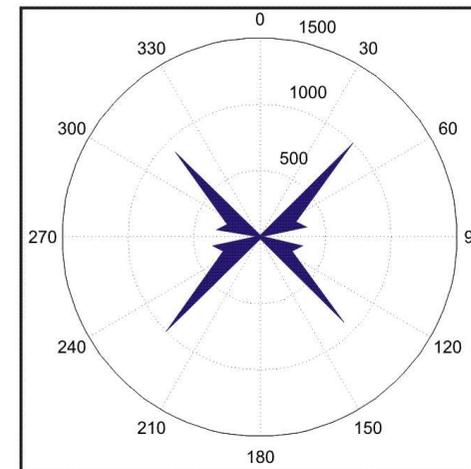
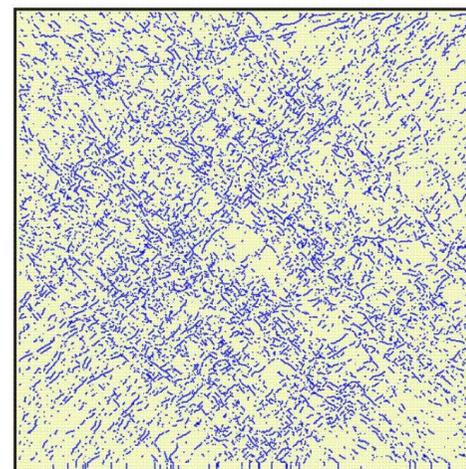
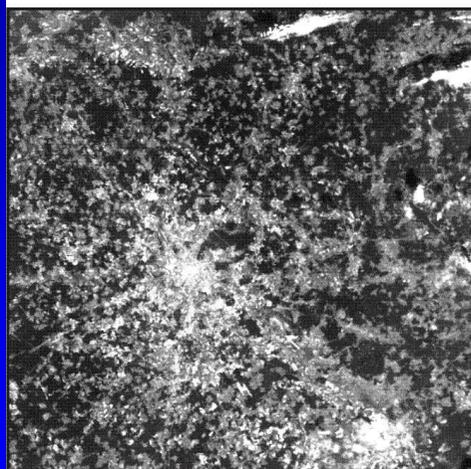
б)

а) порог 95
б) порог 100

Фрагменты изображений, наложенные на них линеаменты, схемы линеаментов и розы-диаграммы, полученные для Московского региона



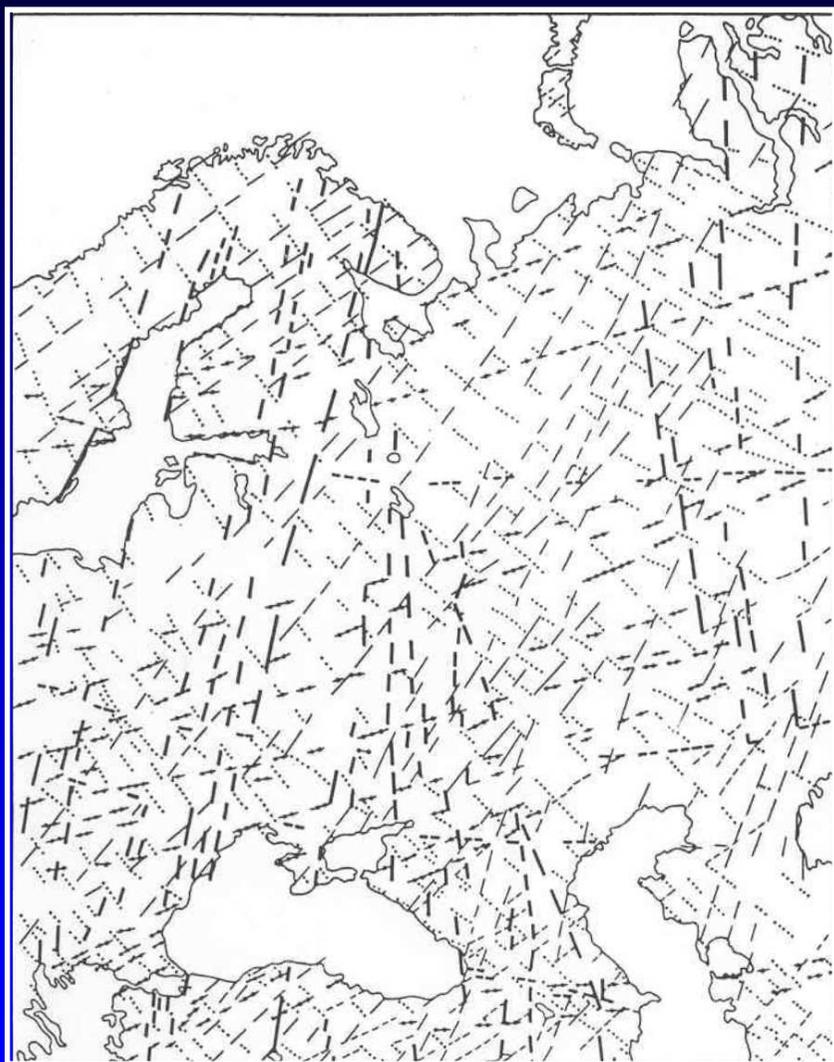
а)



б)

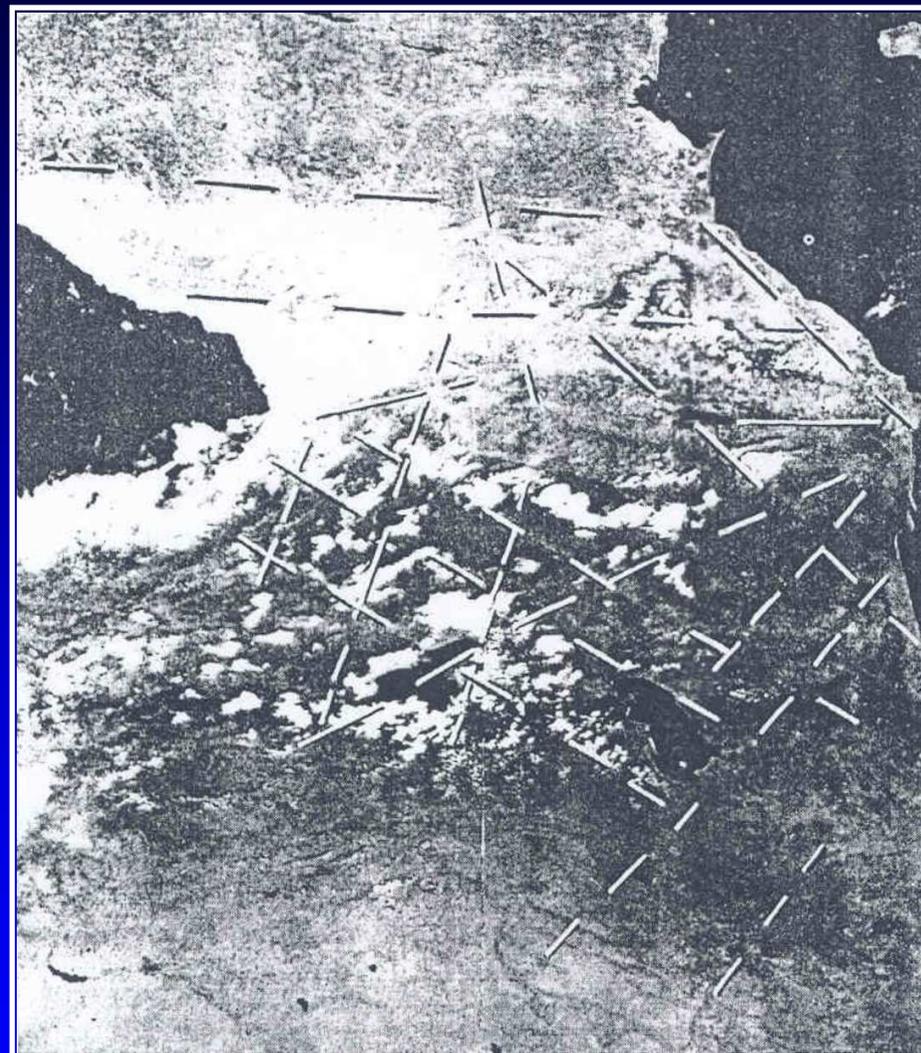
а) изображение, полученное со спутника Landsat-7 (аппаратура ETM+) 31 июля 2001 г, порог 110;
б) изображение, полученное со спутника TERRA (аппаратура MODIS) 21 августа 2005 г, порог 95

**Схема ландшафтных линеаментов
Восточно-Европейской платформы
(составил А.И.Полетаев)**

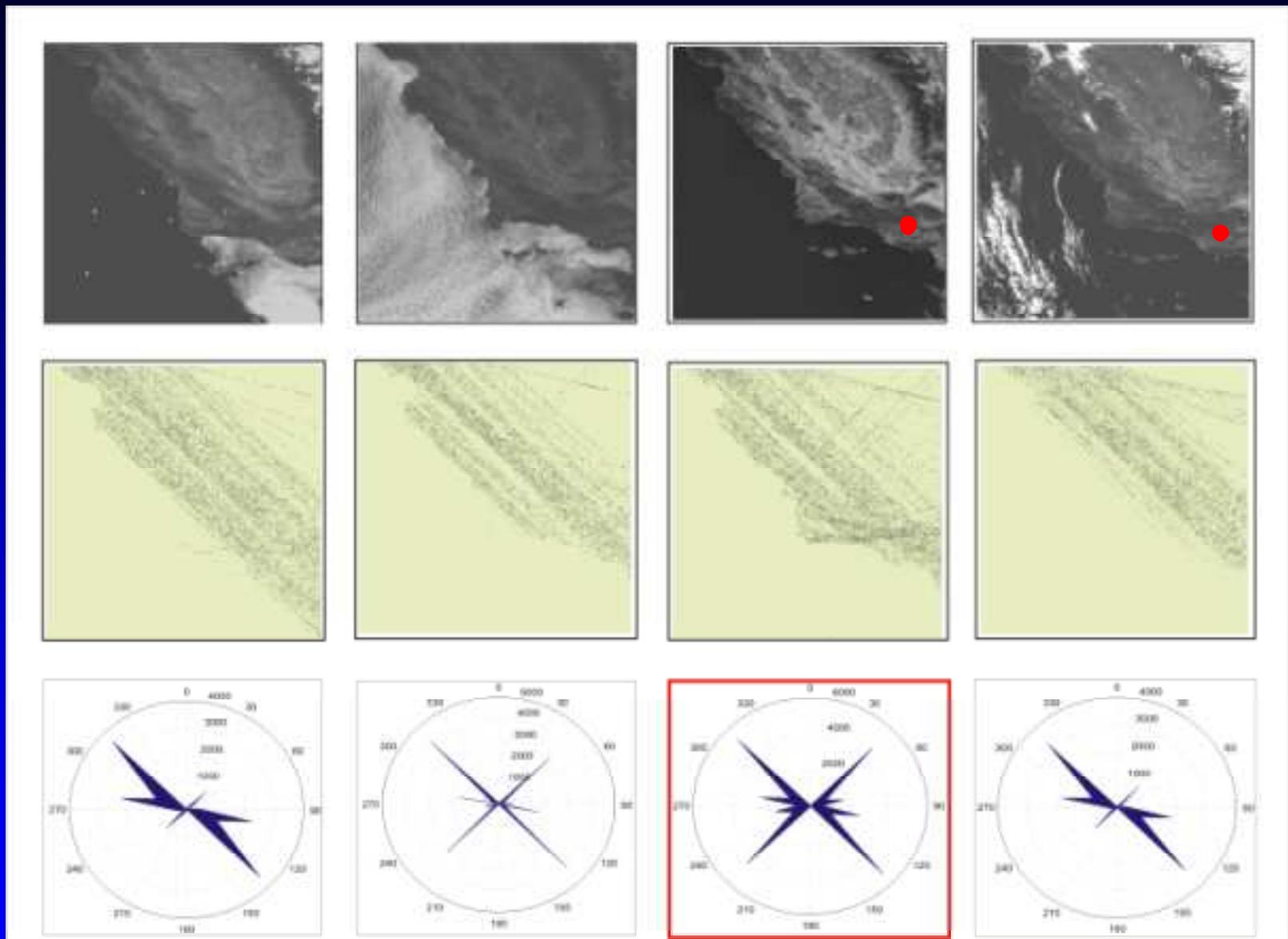


- 1 – меридиональные линеаменты
- 2 – широтные линеаменты
- 3 – северо-восточные линеаменты
- 4 - северо-западные линеаменты
- 5 – север-северо-восточные линеаменты

**Основные линеаменты Кавказа и прилегающих
территорий на мелко масштабном космическом
снимке («Метеор-18», 21 августа 1974 г.)
(составил Я.Г. Кац)**



Динамика систем линеаментов в западной части поперечного хребта при землетрясении 9 сентября 2001г. (магнитуда 4.2)



8 мая 2001 г.
(за полгода до
землетрясения)

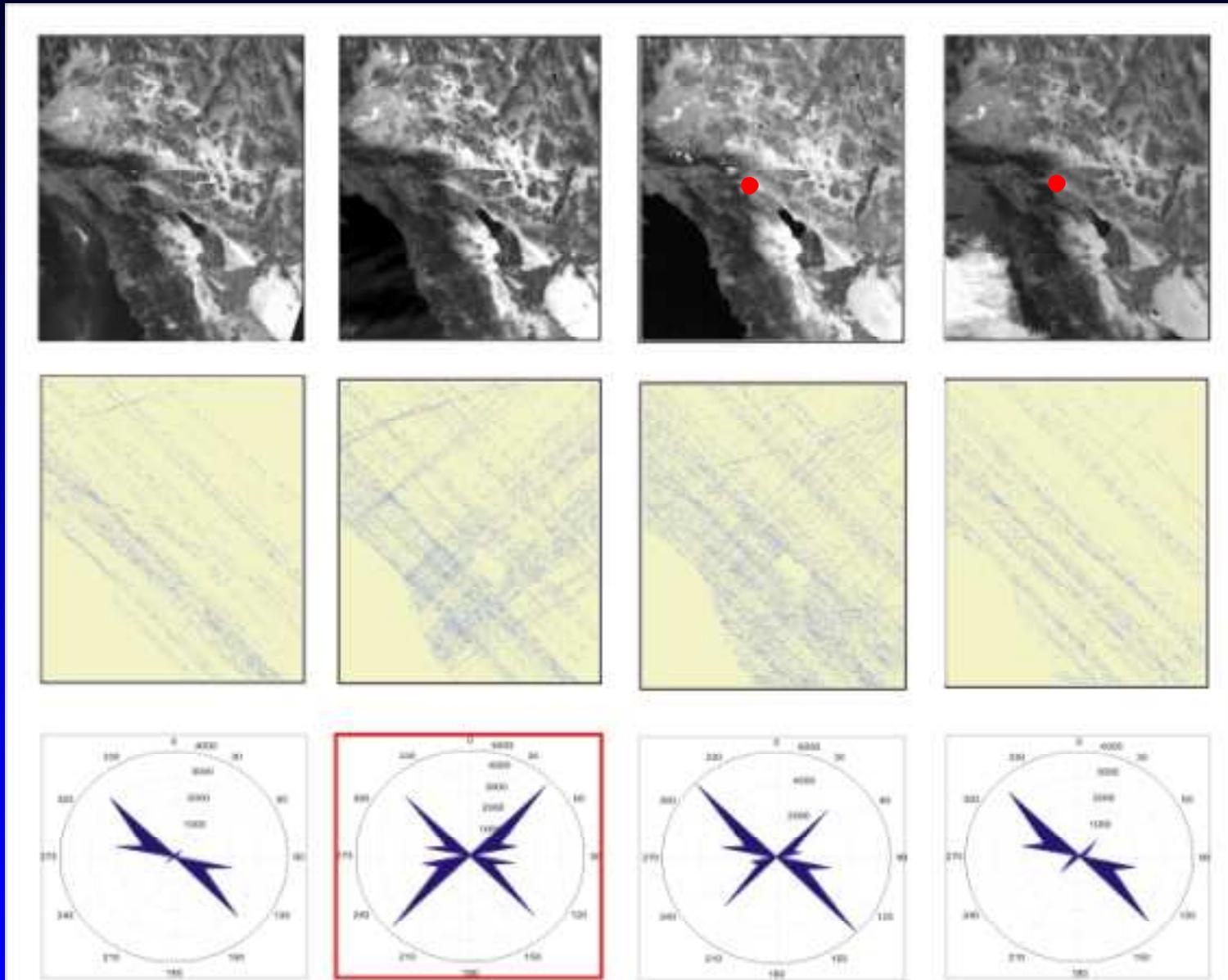
28 июля 2001 г.
(за полтора месяца
до землетрясения)

28 сентября 2001 г.
(через 20 дней)

12 декабря 2001 г.
(через месяц)

землетрясение
9 сентября 2001г.

Динамика систем линеаментов в восточной части Поперечного хребта при землетрясении 22 февраля 2003г. (магнитуда 5.2)



4 декабря 2002 г.
(за 2,5 месяца до
землетрясения)

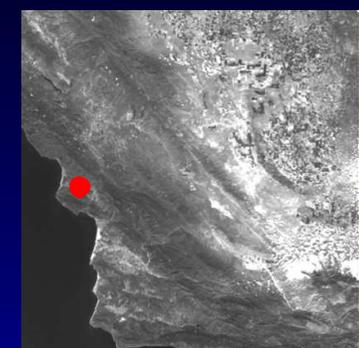
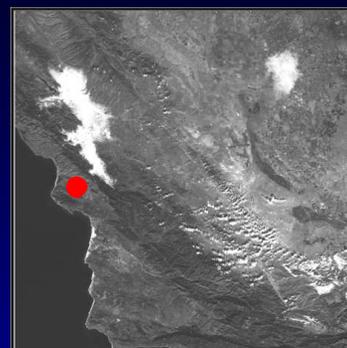
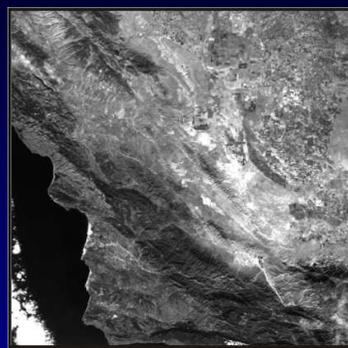
3 февраля 2003 г.
(за 20 дней до
землетрясения)

19 апреля 2004 г.
(через 2 месяца после
землетрясения)

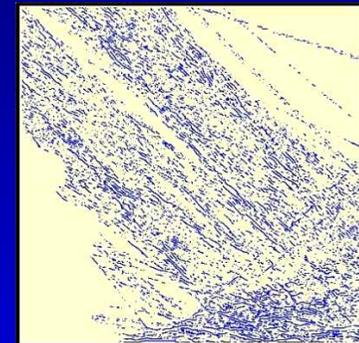
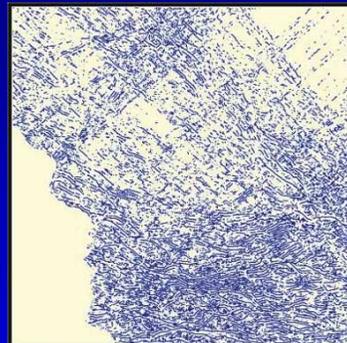
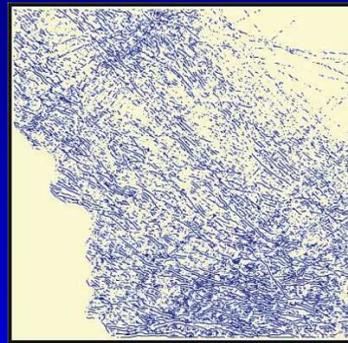
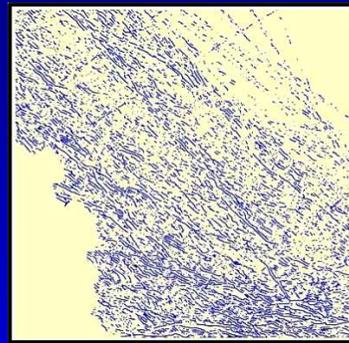
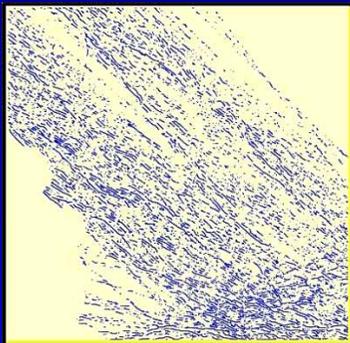
25 июня 2003 г.
(через 4 месяца после
землетрясения)

Землетрясение
22 февраля 2003г.

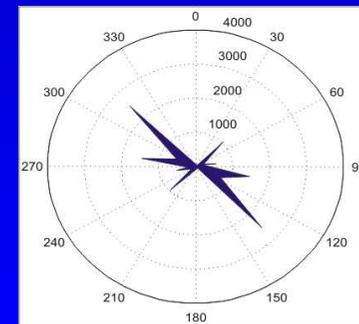
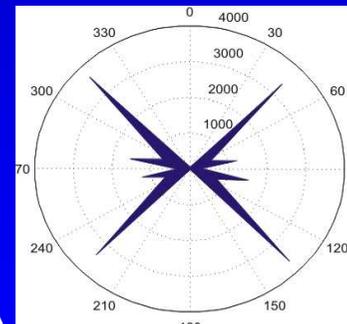
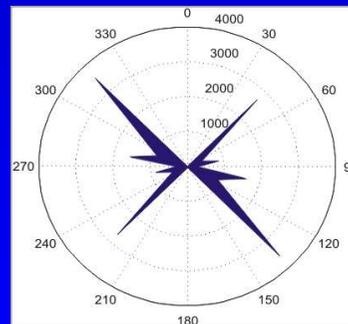
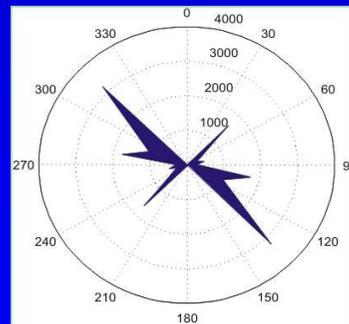
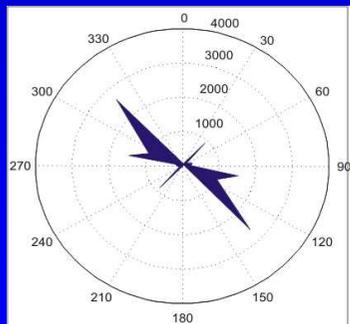
Динамика систем линеаментов в период землетрясения 22 декабря 2003 г. вблизи г. Сан-Симеон (M=6.5)



Фрагменты изображений



Поля линеаментов



Розы-диаграммы направленности линеаментов

21 октября 2003 г.
(за 2 месяца до
землетрясения)

22 ноября 2003 г.
(за месяц до
землетрясения)

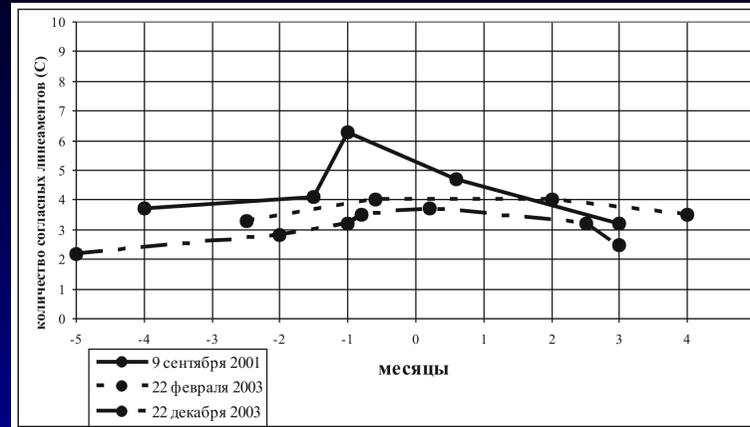
25 ноября 2003 г.

землетрясение
22 декабря 2003 г.

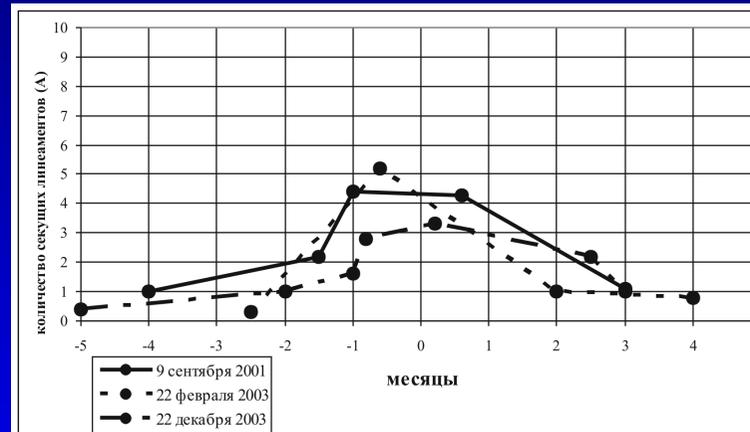
27 декабря 2003 г.

27 марта 2004 г.
(через 3 месяца после
землетрясения)

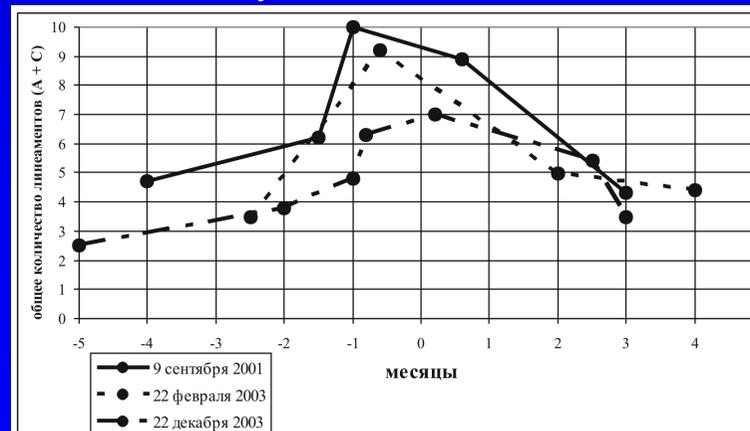
Кривая изменения количества отдешифрованных линеаментов при пороге 85 в периоды подготовки и завершения землетрясения



Согласные линеаменты (С)

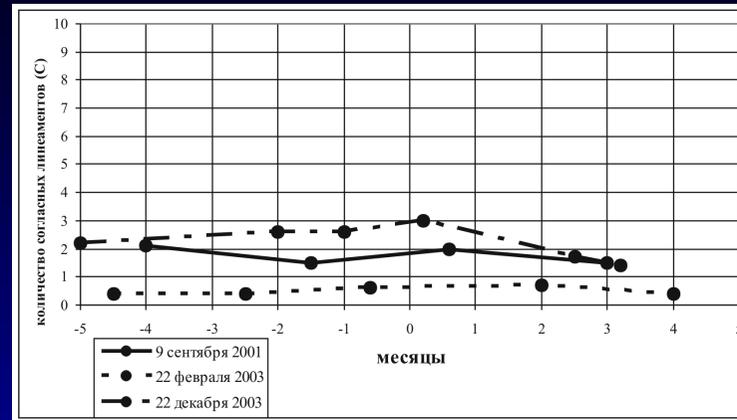


Секущие линеаменты (А)

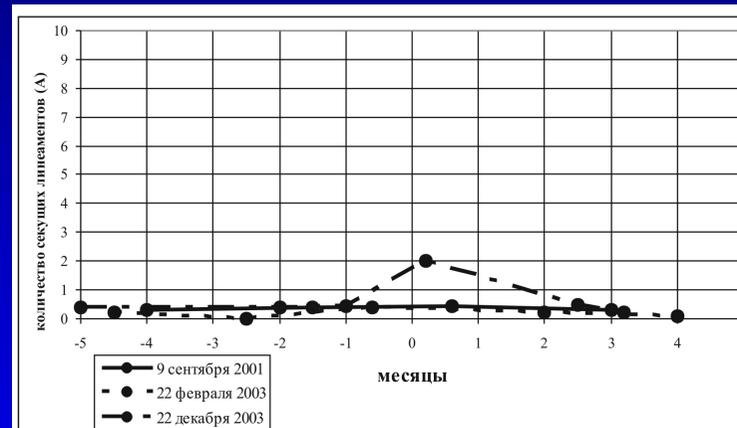


Общее количество линеаментов (А+С)

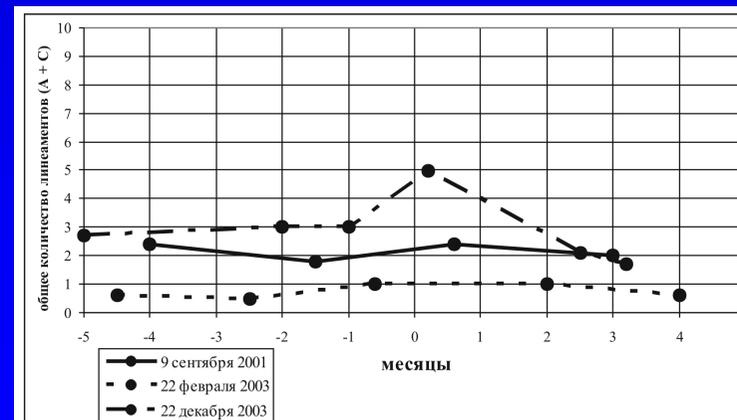
Кривая изменения количества отдешифрованных линеаментов при пороге 100 в периоды подготовки и завершения землетрясения



Согласные линеаменты (С)

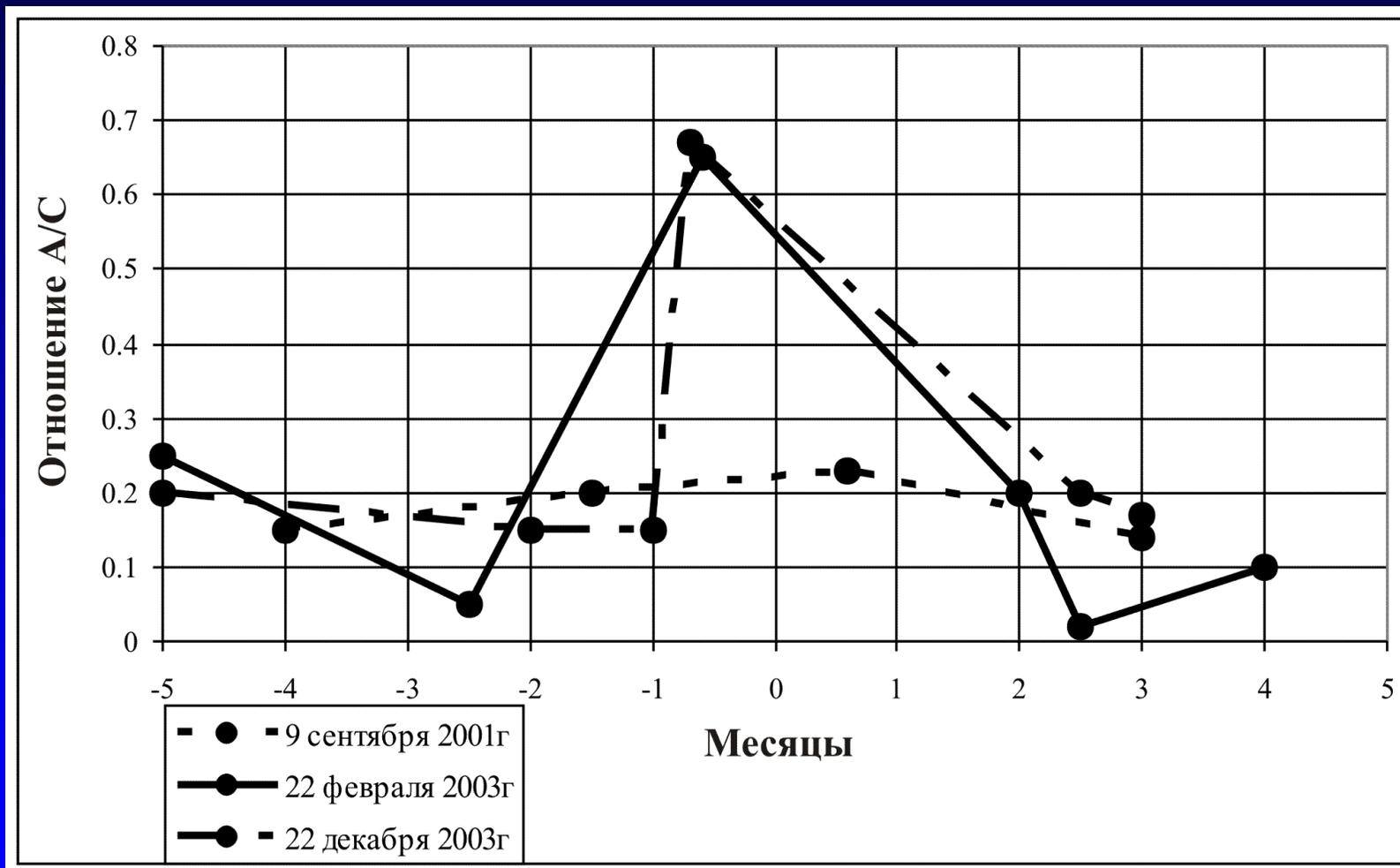


Секущие линеаменты (А)

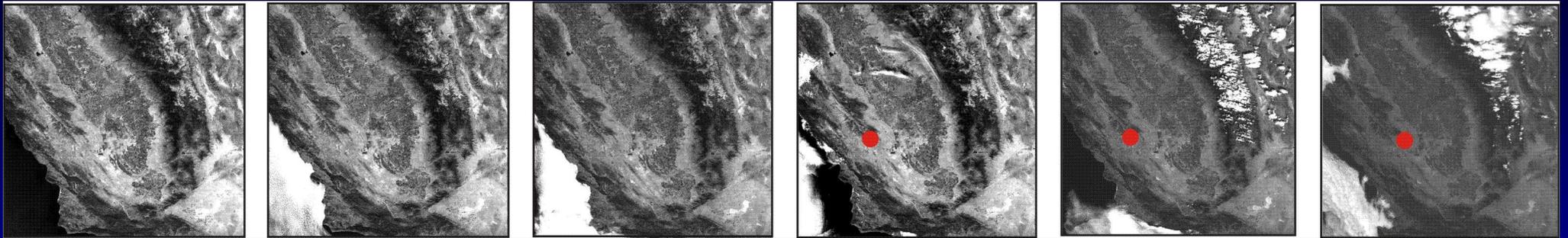


Общее количество линеаментов (А+С)

**Отношение количества секущих (А) и согласных (С) линеаментов при
землетрясениях 09 сентября 2001г., 22 февраля 2003г.
и 22 декабря 2003г. при пороге 100**

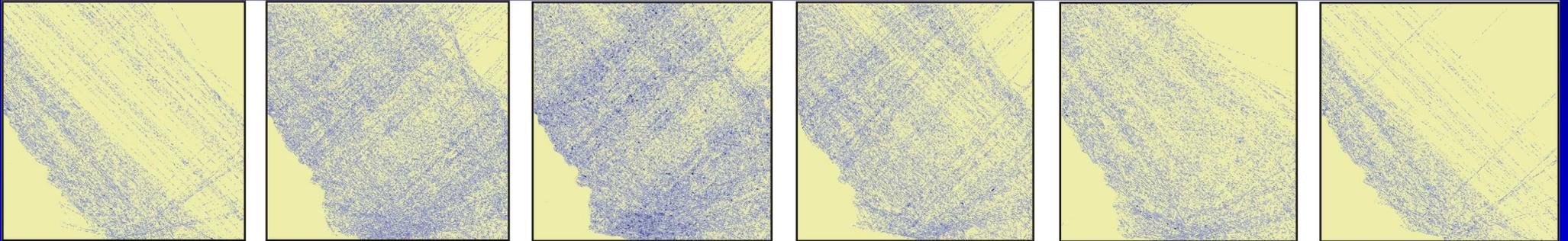


Динамика систем линеаментов в период землетрясения 28 сентября 2004 г. вблизи г.Паркфилд (M=6.0)

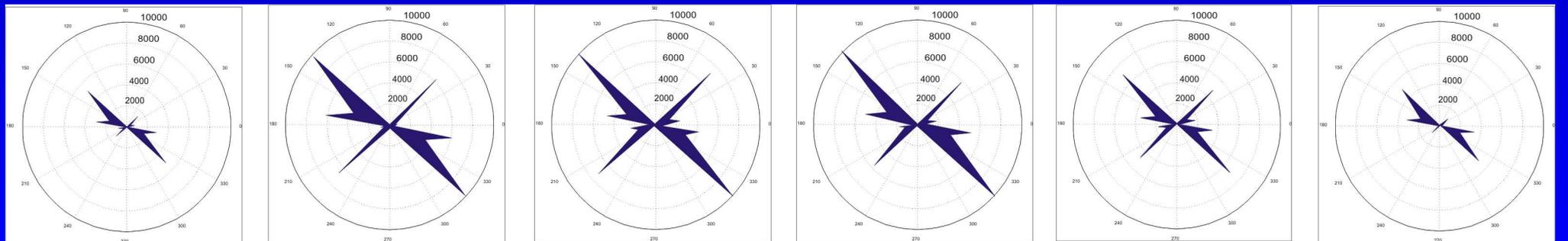


100 км

Фрагменты изображений



Поля линеаментов



Розы-диаграммы направленности линеаментов

21 сентября 2004 г.

24 сентября 2004 г.

26 сентября 2004 г.

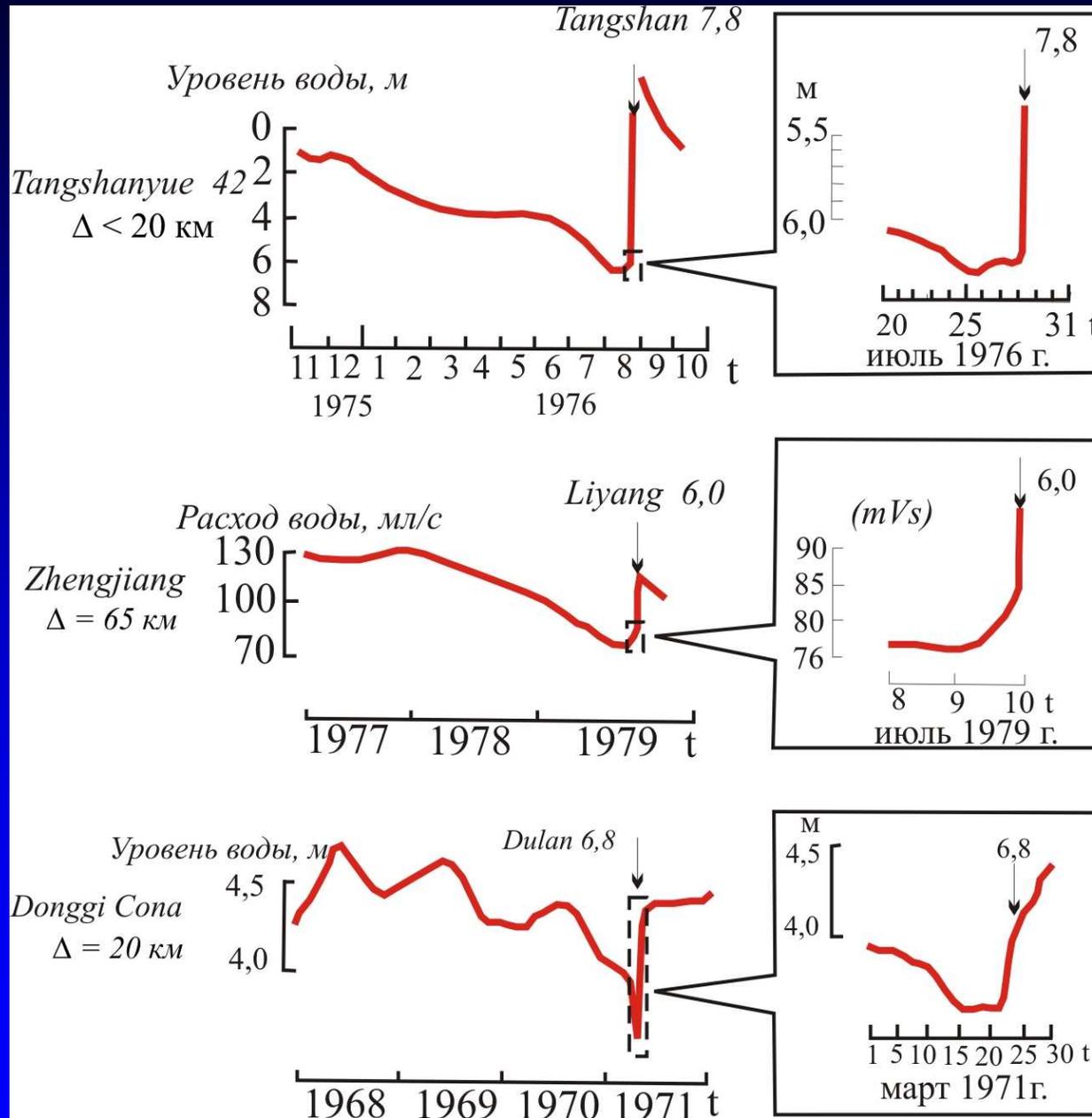
28 сентября 2004 г.

1 октября 2004 г.

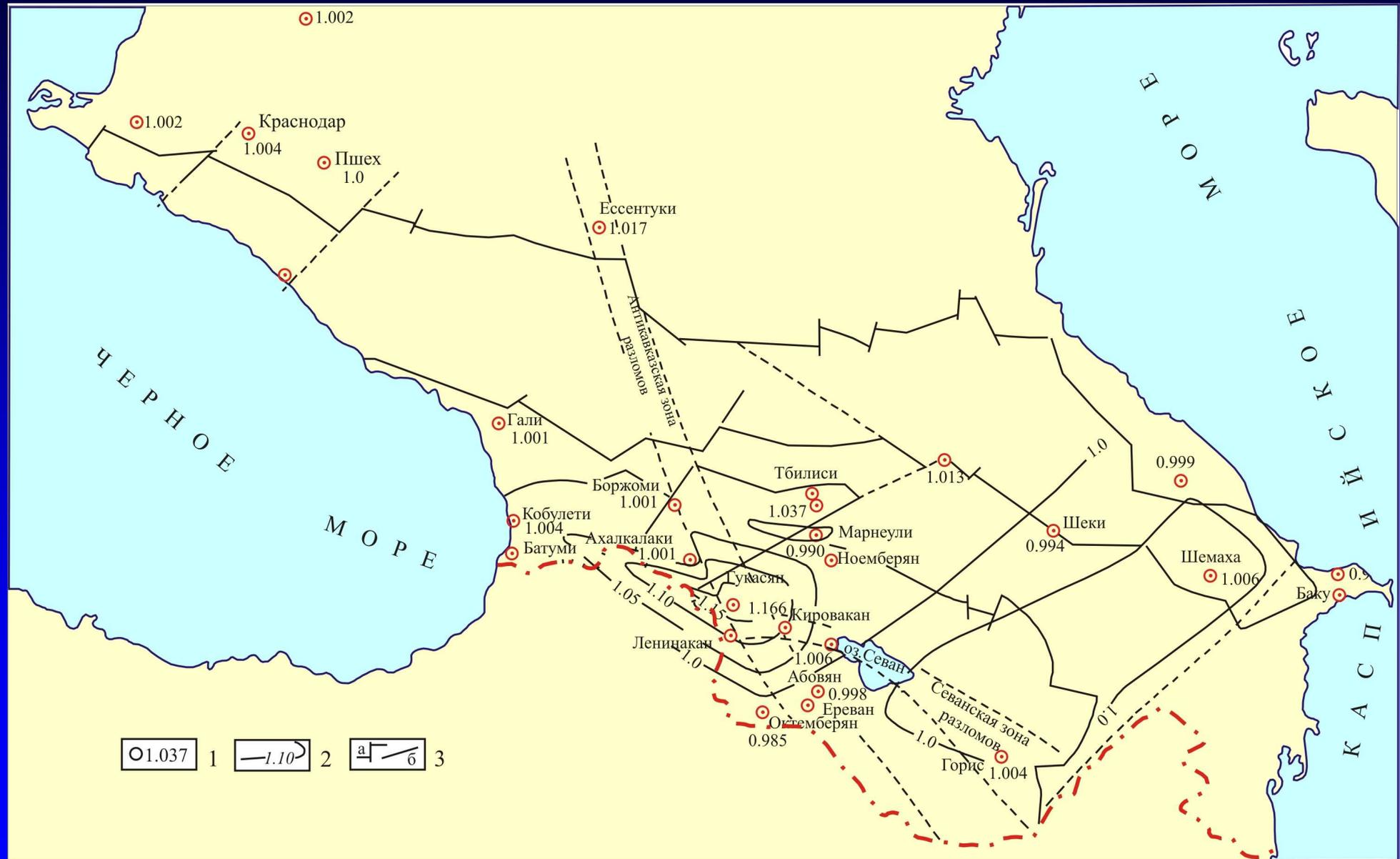
4 октября 2004 г.

землетрясение
28 сентября 2004 г.

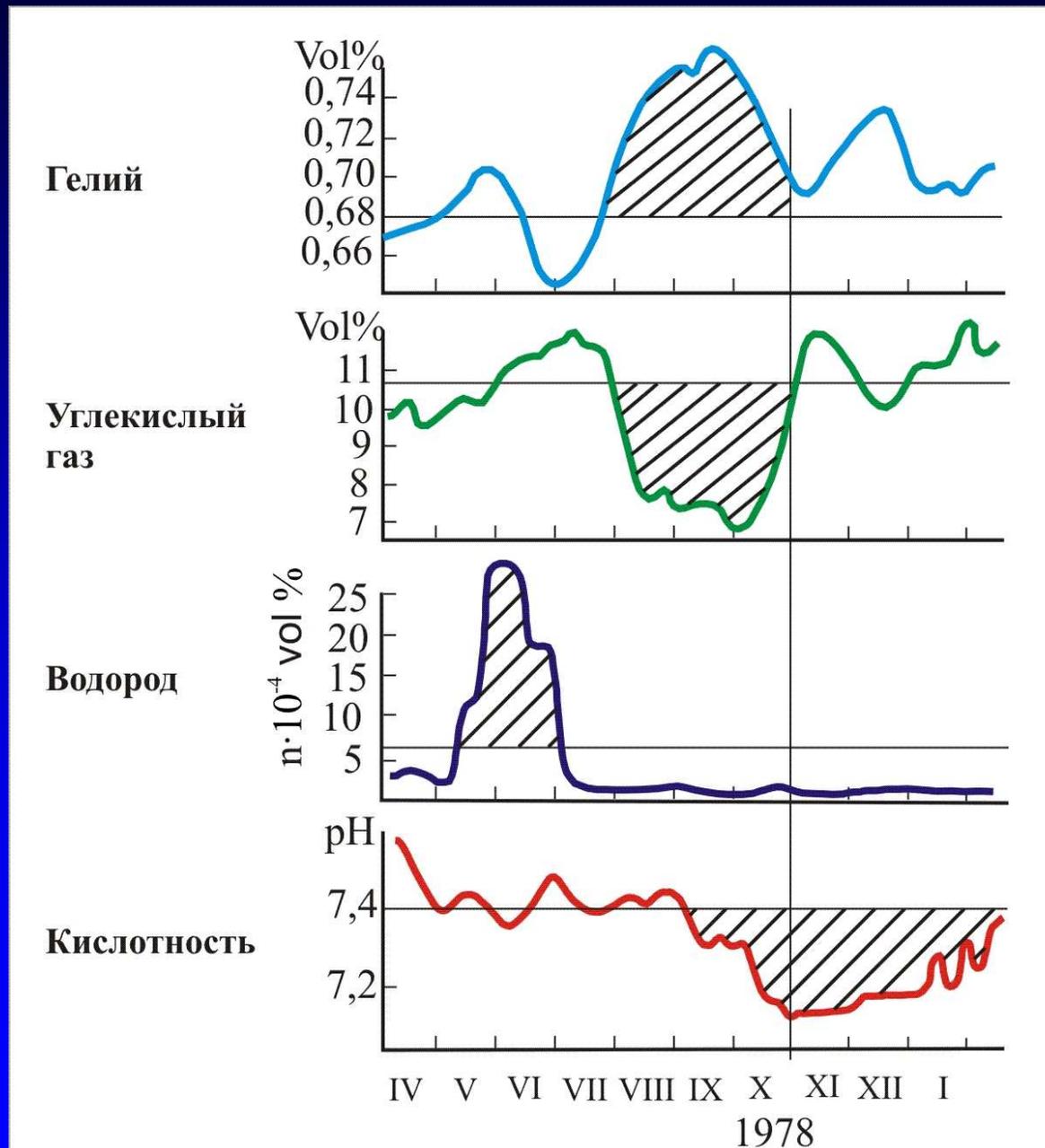
Характерная форма гидрогеодинамических предвестников землетрясений, зарегистрированных перед сильными землетрясениями в Китае



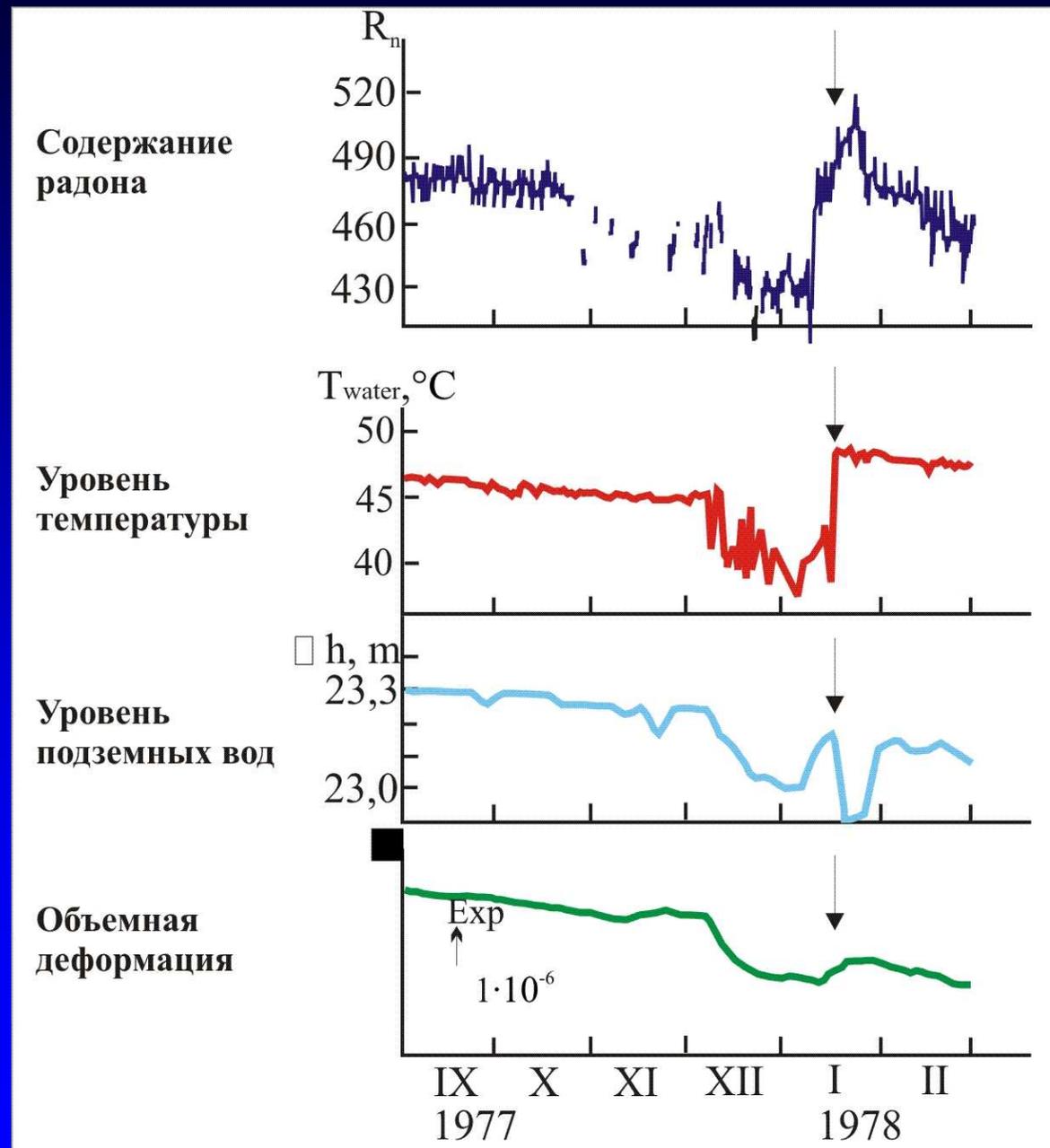
Структура области относительного растяжения, полученная по наблюдениям гидрогеодинамического поля за 7 суток до Спитакского землетрясения



Аномальные изменения различных геохимических предвестников в период Алайского землетрясения (момент землетрясения показан вертикальной линией)



Аномальные изменения ряда прогностических параметров в скважинах, расположенных на эпицентральных расстояниях 25-50 км перед землетрясением в Японии 14 января 1978 г (M=7)



Предложен метод прогноза землетрясений на основе линеаментного анализа космических изображений сейсмоопасных территорий.

Приводятся результаты исследования динамик систем линеаментов по космическим изображениям, полученным на период подготовки и завершения ряда землетрясений, произошедших в 2001-2004 г.г. в Калифорнии (США) и Перу. Установлено увеличение степени выраженности систем линеаментов при подготовке землетрясения, которое начинается за 2-3 месяца и достигает максимума в среднем за 20 дней до него.

После землетрясения степень выраженности линеаментов постепенно понижается и примерно через 2-3 месяца достигает прежнего состояния.

С учетом зависимости характера изменения систем линеаментов от геологических и геодинамических особенностей региона, предложено формировать эталоны изменений линеаментов в период подготовок ранее случившихся землетрясений в конкретных регионах.