

**«ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ
ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ»**

**Кафтан В.И., Докукин П.А., Цыба Е.Н.
(ЦНИИГАиК, ГУЗ, МИИГАиК)**

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ :

**Статистическая проверка гипотезы о
вторичности вертикальных движений земной
поверхности по отношению горизонтальным**

ЗАДАЧА ИССЛЕДОВАНИЙ:

**Анализ результатов повторных геодезических
определений горизонтальных и вертикальных
движений и деформаций**

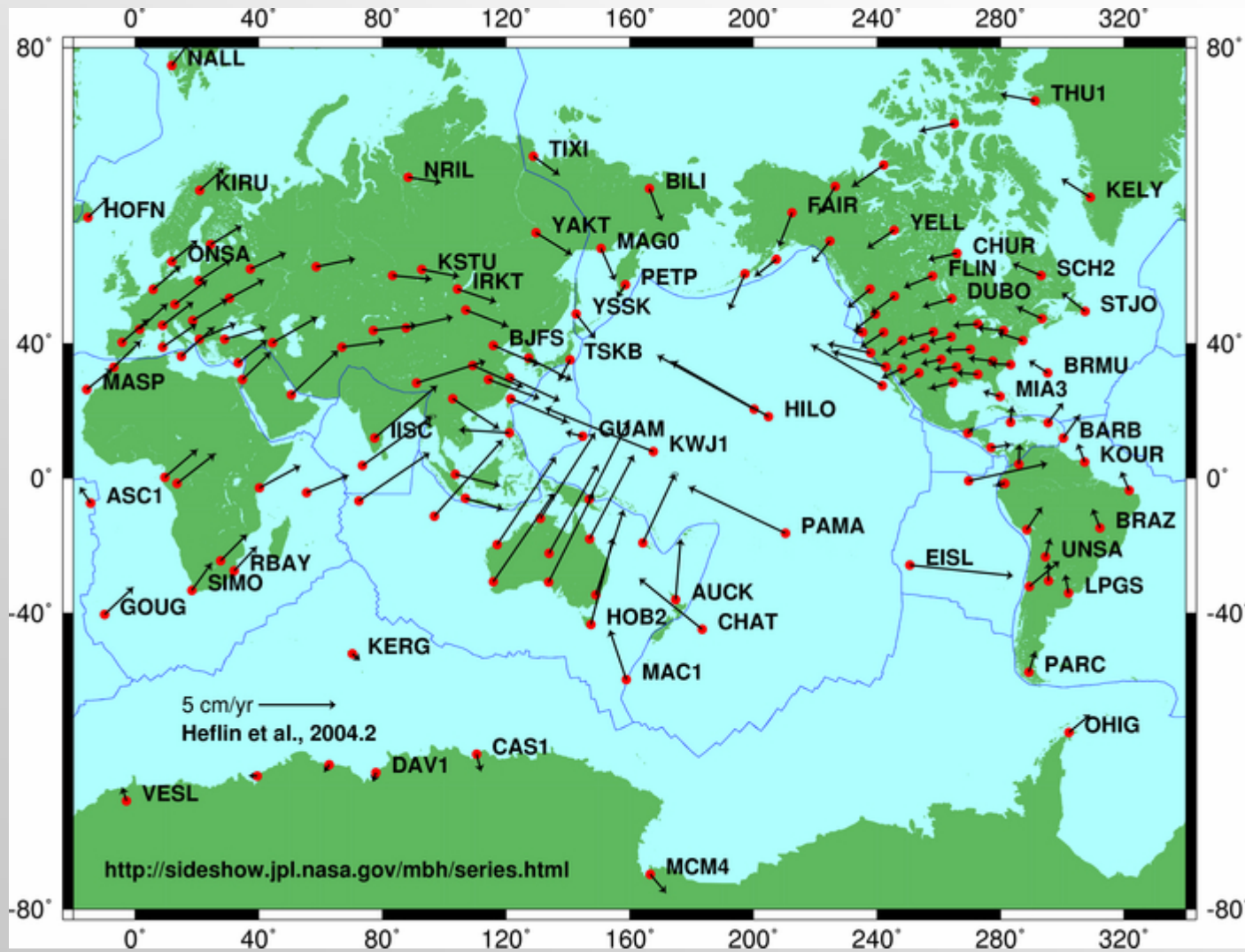
Основные предположения

- Существуют механизмы медленной миграции импульсов растяжения-сжатия, формирующих поднятия-опускания земной поверхности
- Источником таких мигрирующих импульсов могут быть (1) **эпизоды** рифтогенеза и (2) коллизии глобальных тектонических плит

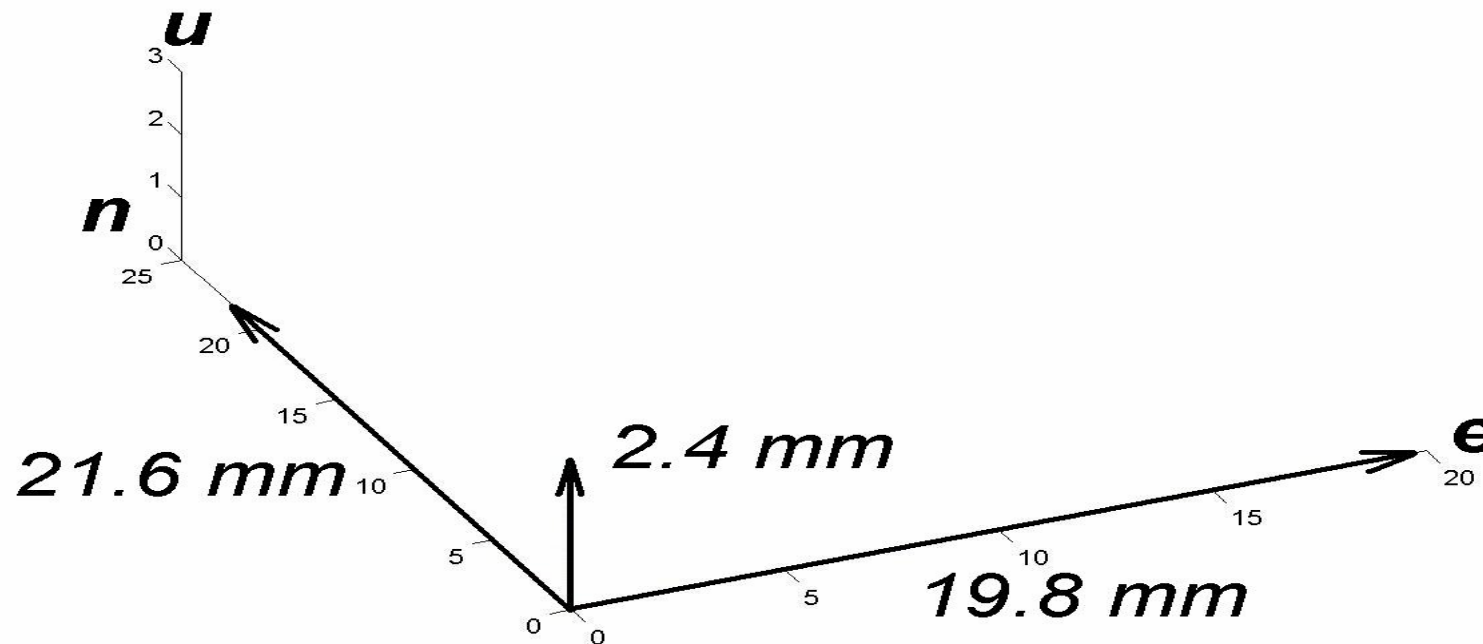
Эмпирические основания

- Эпизоды рифтогенеза в Исландии. С 1971 по 1980 гг. импульсивные растяжения достигали 7.5 м. Длительность импульсов внедрения глубинного материала составляла от нескольких дней до недель.
- Предположение Н.Ф.Василенко (1988) о распространении волны сжатия в 1978-1983 гг. по территории Евразийской плиты с востока на запад со скоростью ~2000 км/год
- Предположения В.И. Уломова, А.А.Никонова о миграции сейсмической активности

Интенсивность глобальных скоростей горизонтальных тектонических движений земной поверхности

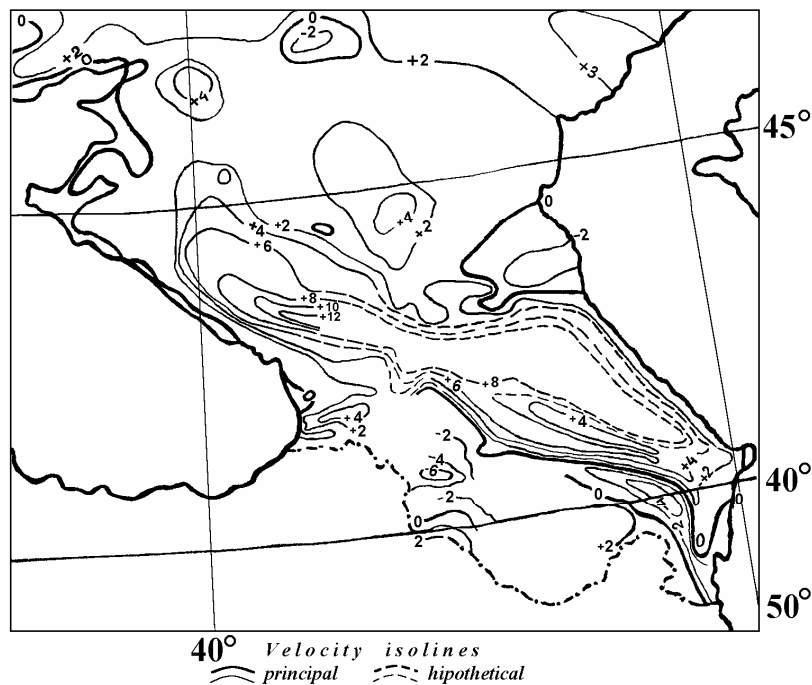


Сравнение эмпирических стандартов скоростей горизонтальных и вертикальных движений пунктов глобальной геодезической сети

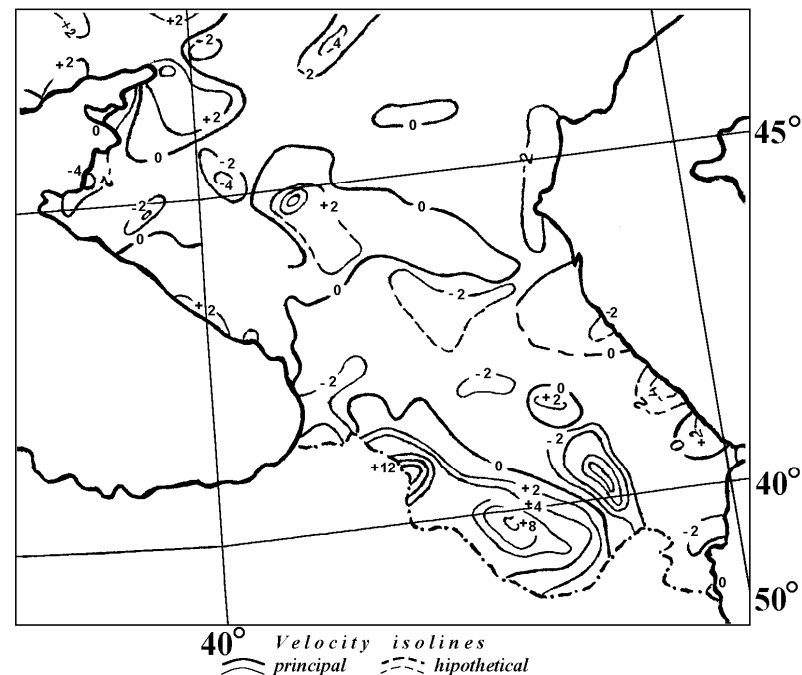


Вертикальные движения в Кавказском регионе (поднятия на фоне субгоризонтального сжатия)

Velocities of recent vertical movements
1930±11 - 1946±10

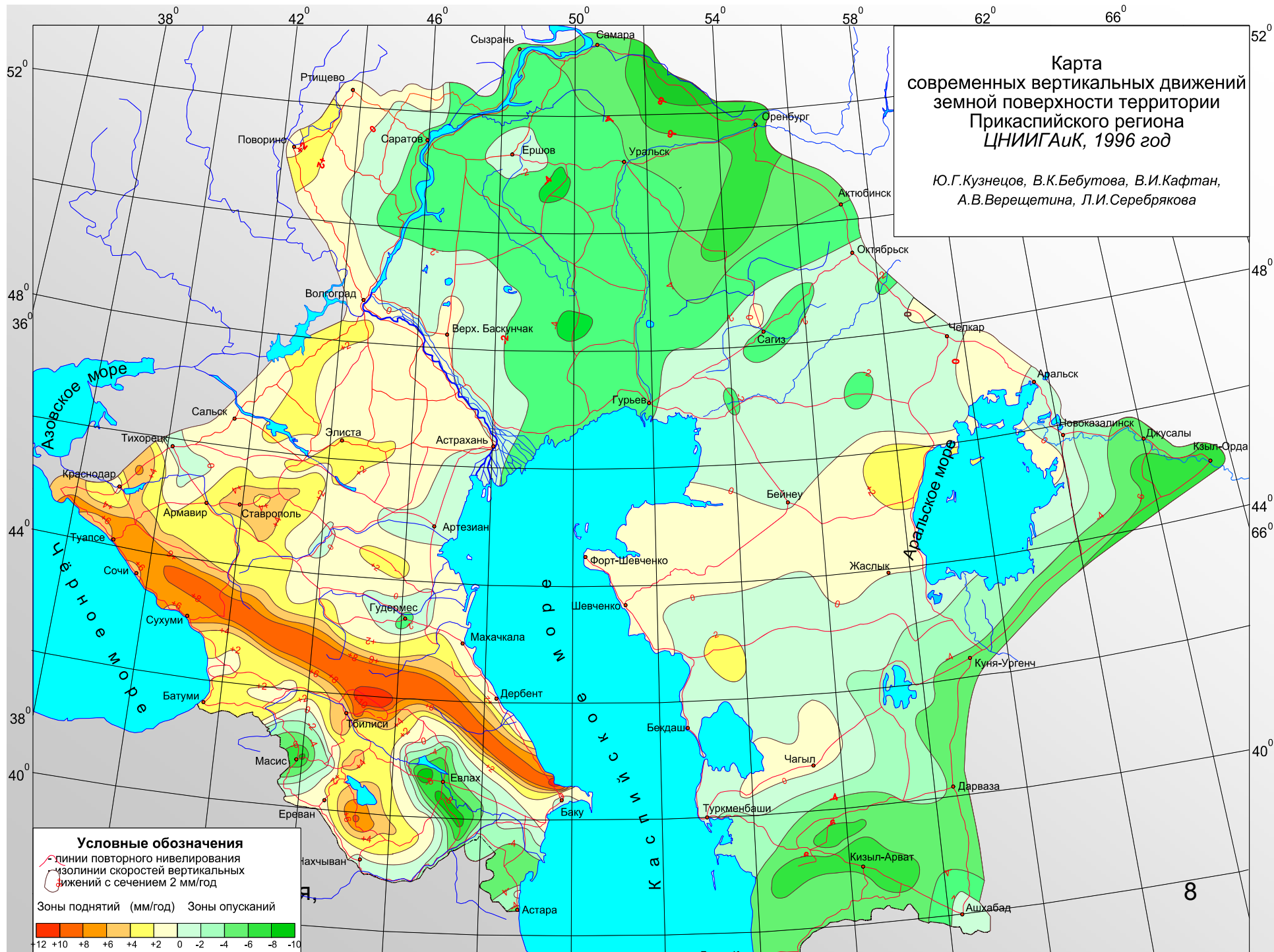


Velocities of recent vertical movements
1947±8 - 1971±5

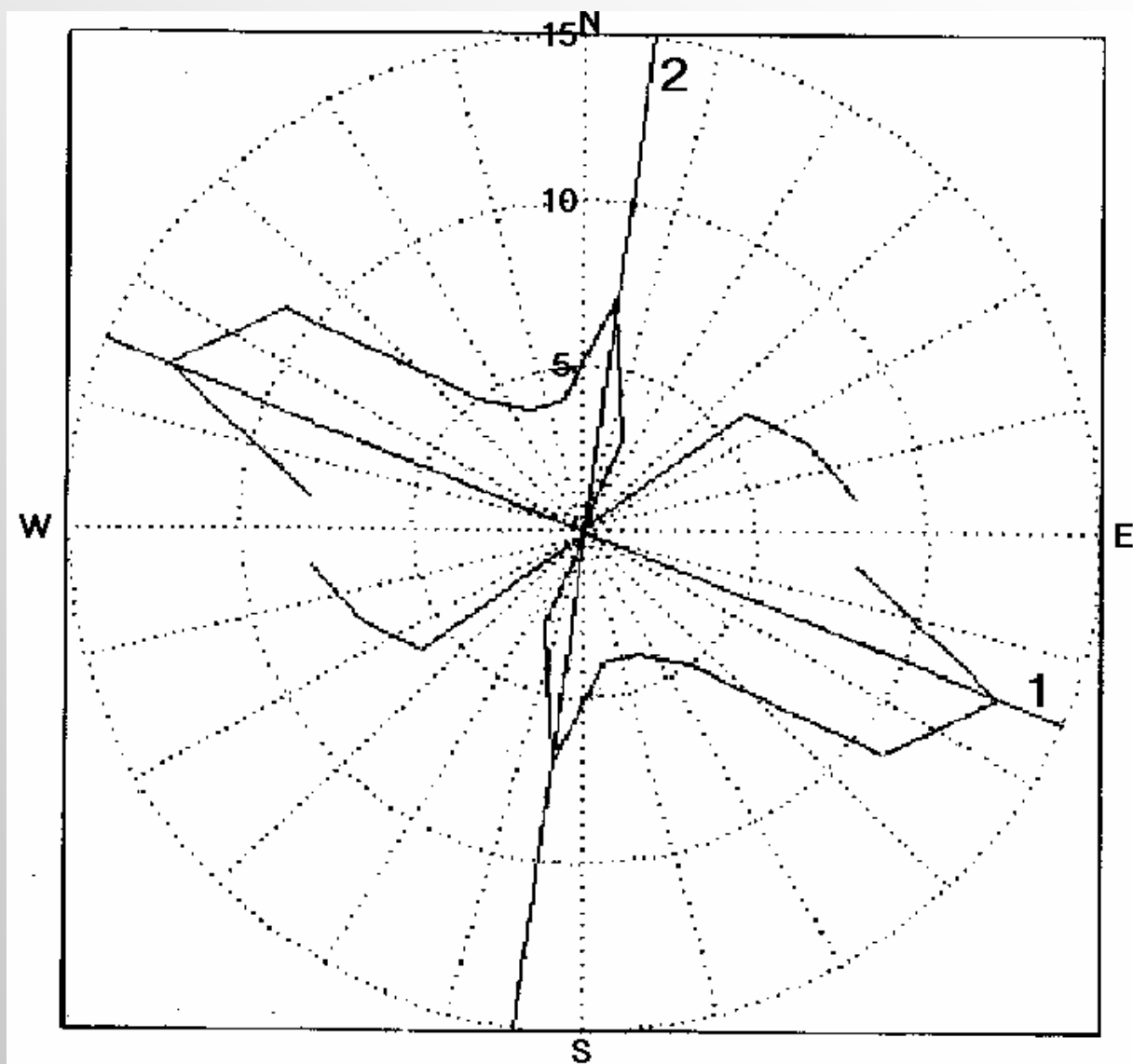


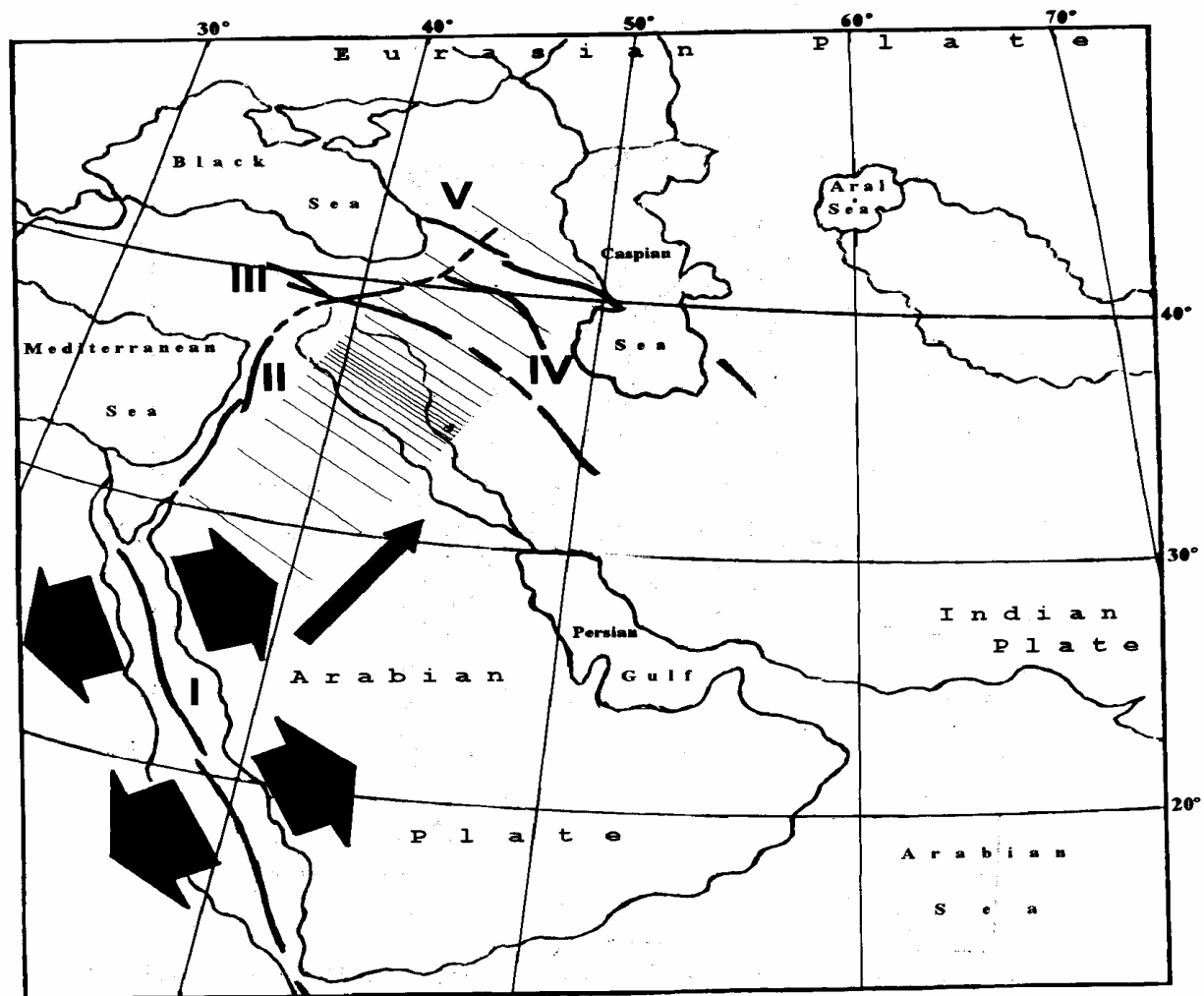
Карта
современных вертикальных движений
земной поверхности территории
Прикаспийского региона
ЦНИИГАиК, 1996 год

Ю.Г.Кузнецов, В.К.Бебутова, В.И.Кафтан,
А.В.Верещетина, Л.И.Серебрякова



Направления миграции сильных землетрясений Кавказа

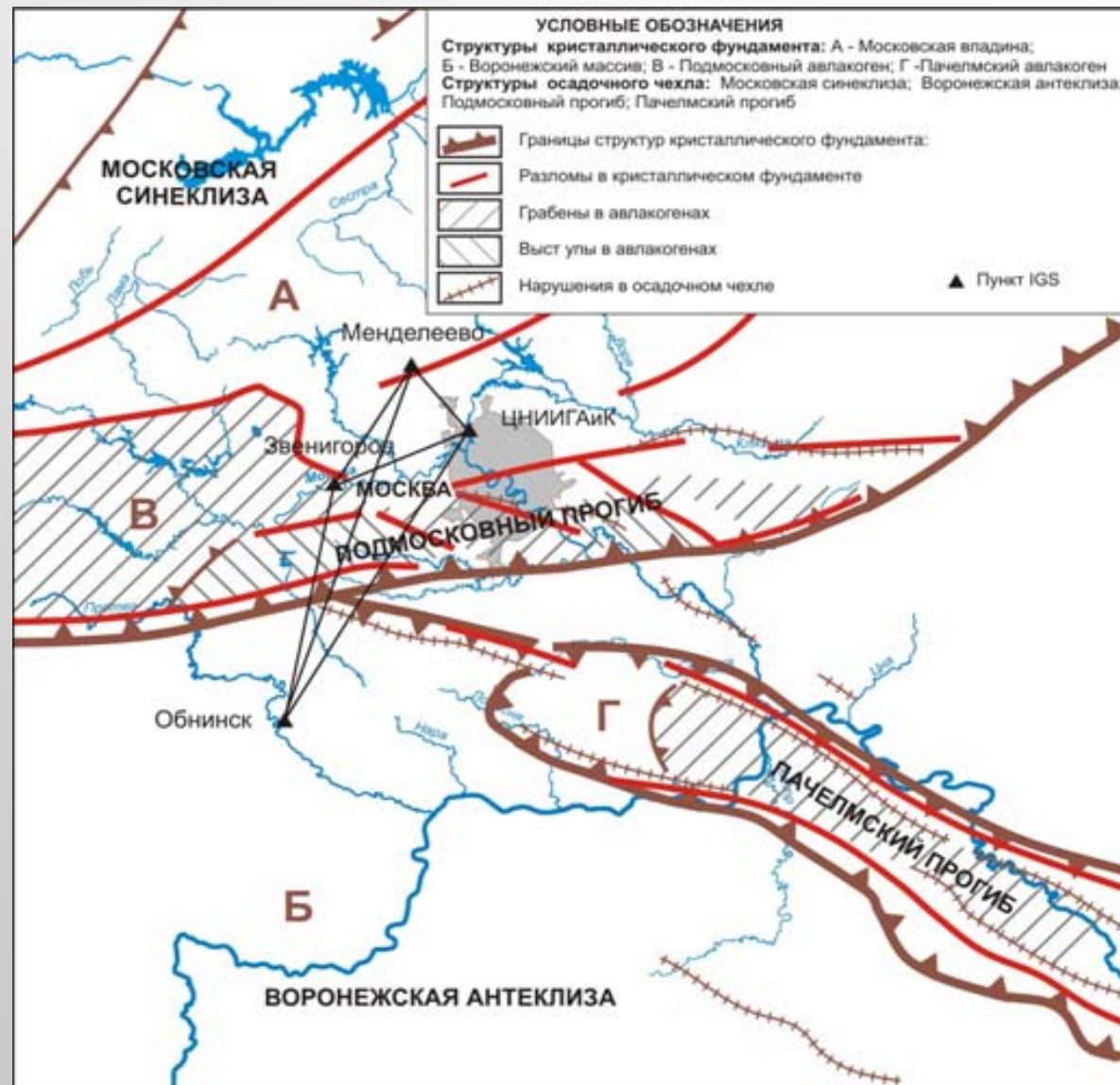




**Major fault zones : I - Red Sea rift zone, II - Levant fault zone,
 III - North-Anatolian fault, IV - Lesser Caucasus;
 V - Great Caucasus.**

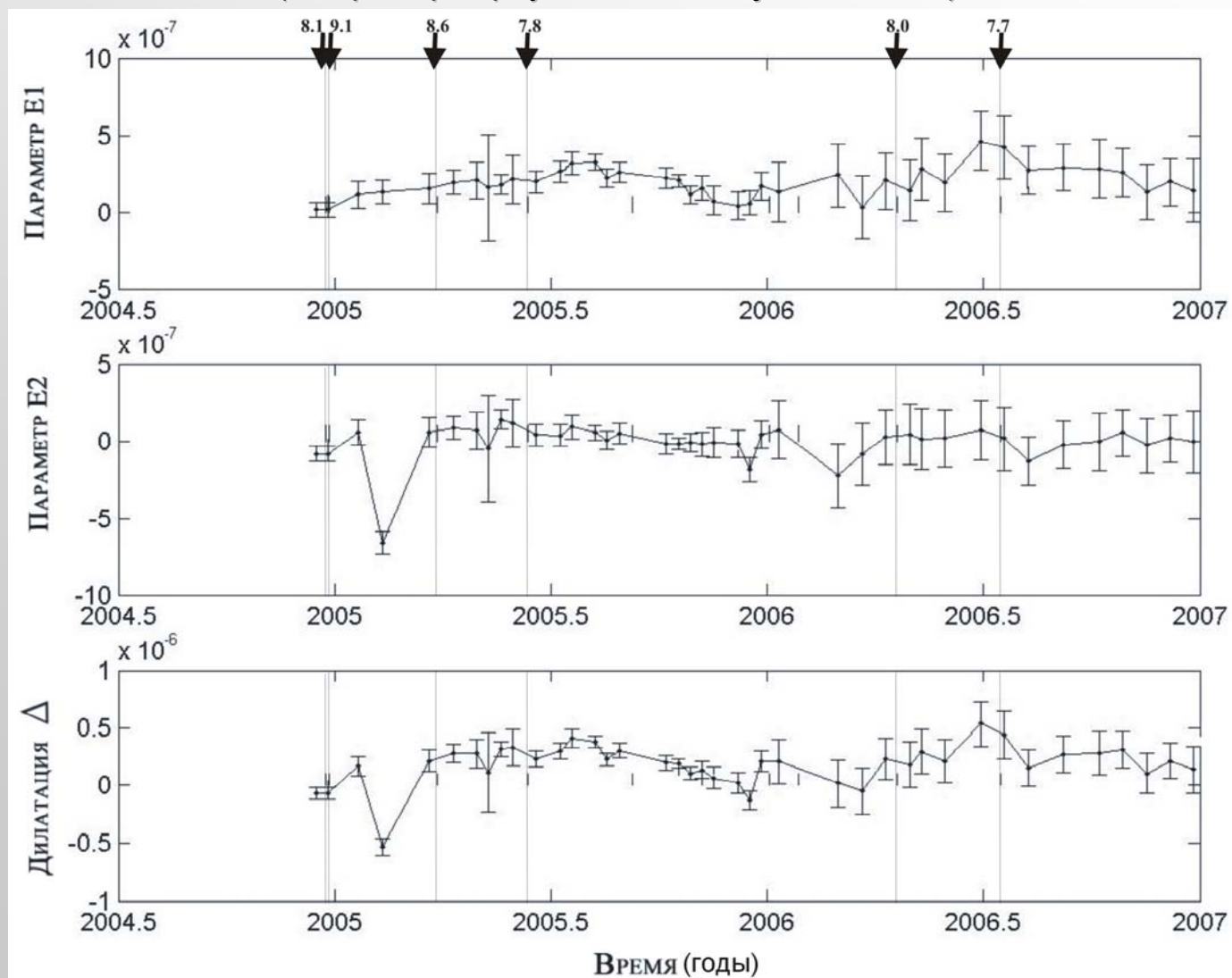
**Fig. Regional hypothesis : Traveling compression wave propagation
 from the source of deformation (Red Sea rift zone) to the North Caucasus**

Схема геодинамической сети Московского региона

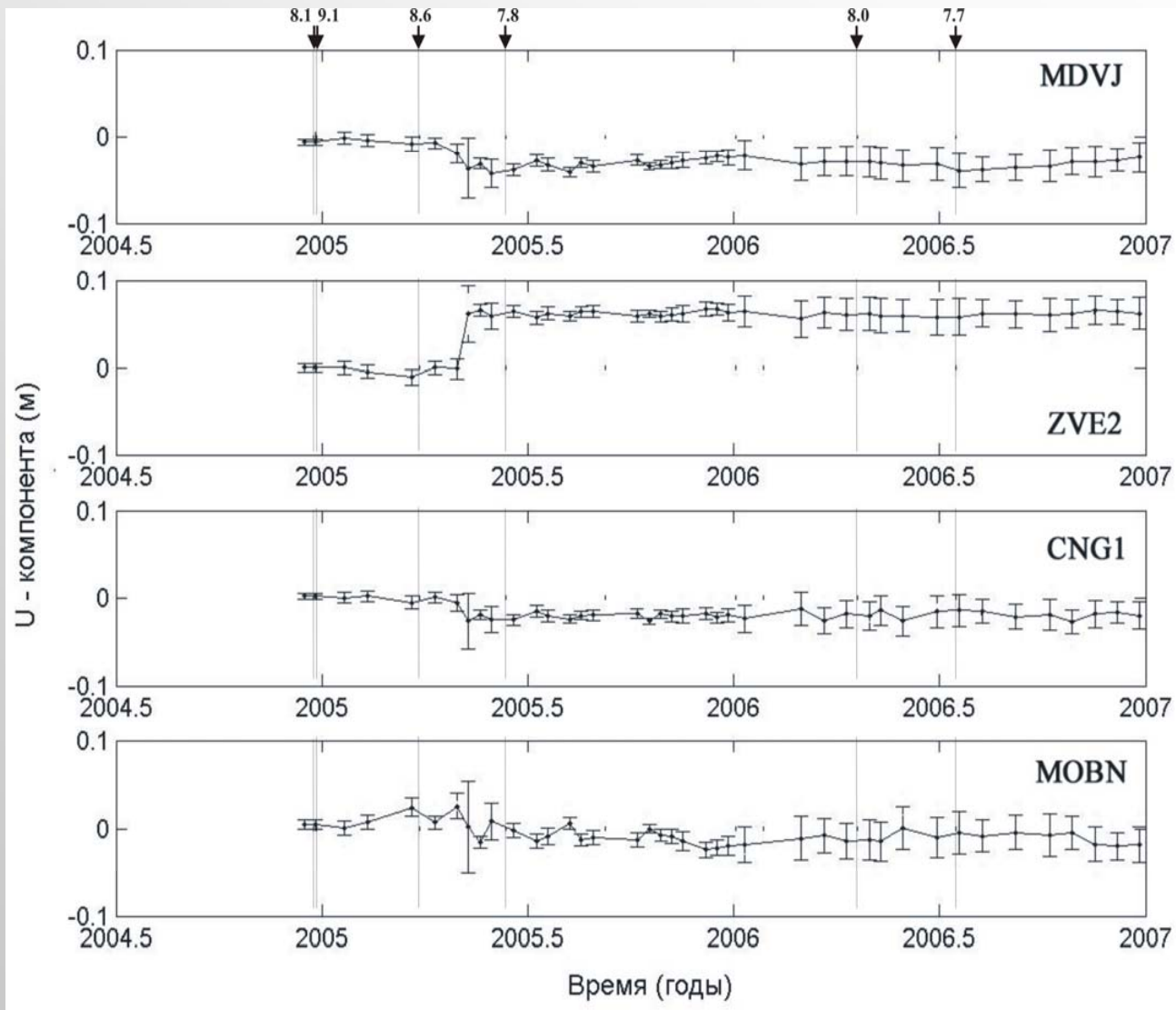


РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ МОСКОВСКОЙ СЕТИ

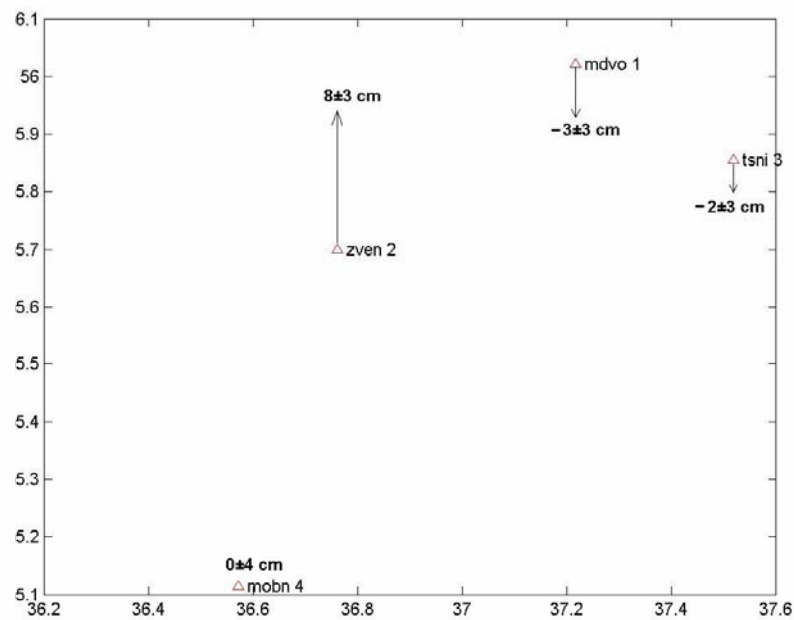
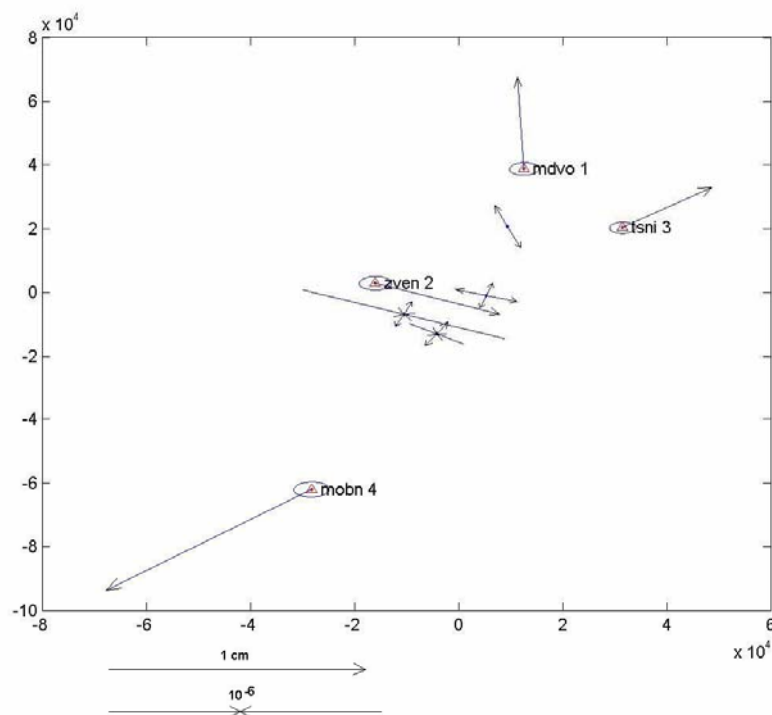
Результаты определения деформаций земной поверхности (на примере треугольника mdvj-mobn-zve2)



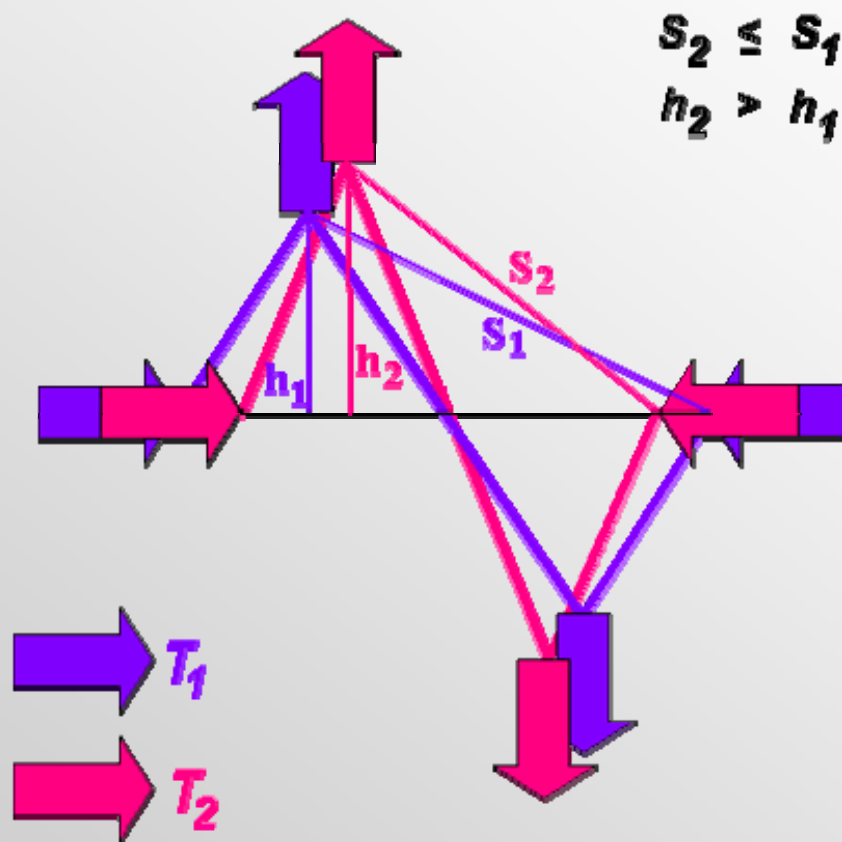
Результаты определения векторов вертикальных смещений и их изменения во времени



Горизонтальные деформации и вертикальные смещения в Московской сети (подъем последовал примерно через 2 месяца после эпизода сжатия)



Проверка гипотезы о физическом механизме наблюдаемых деформаций по результатам GPS измерений коротких базовых линий



Характер изменения превышений в зависимости от горизонтальных растяжений-сжатий

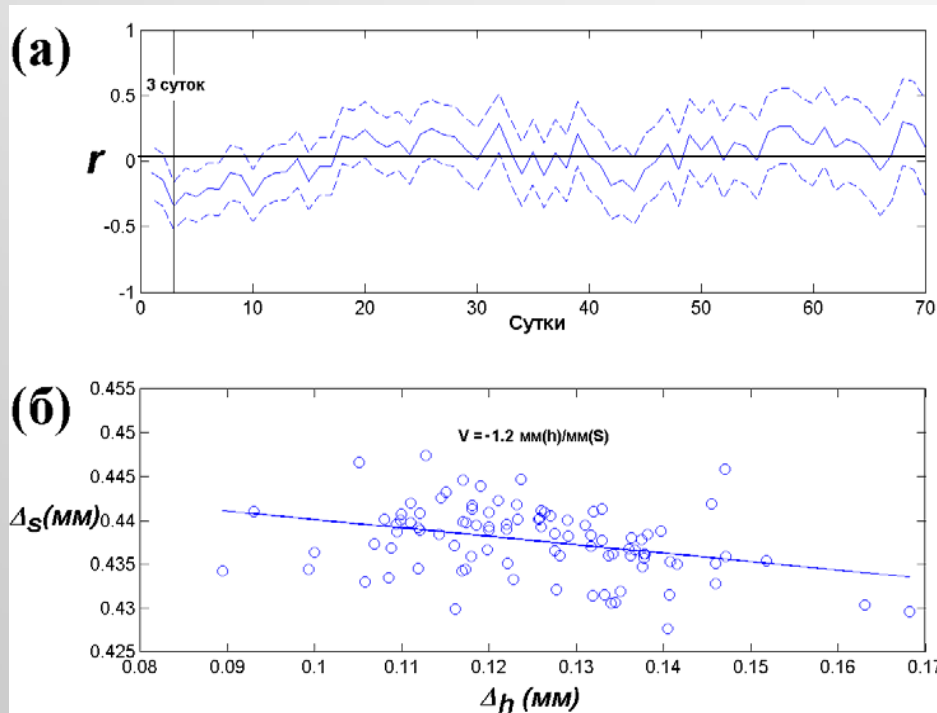
Проверка гипотезы о физическом механизме наблюдаемых деформаций

Для получения количественных оценок взаимосвязи вертикальных и горизонтальных деформаций были выполнены корреляционный и регрессионный анализы соответствующих временных рядов. Для сопоставляемых пар временных рядов вычислялись коэффициенты корреляции r и строились модели линейной регрессии $y=a+bx$. Для каждой пары рядов корреляционный анализ выполнен путем прямого сопоставления двух равночисленных рядов (строки таблицы с порядковыми номерами 1 и 3), и многократно путем сопоставления рядов одномоментных характеристик, удаляемых друг от друга последовательно на 1, 2, ..., 70 суток. При этом в будущее смещались ряды изменений наклонного расстояния. Длина исследуемых рядов не превышает ста значений, поэтому в данном корреляционном анализе использовано 70 среднесуточных характеристик, чтобы каждый коэффициент корреляции был вычислен не менее чем по 29 парам значений. Т.о., вычислялось 70 оценок коэффициентов корреляции и их стандартов, и из них выбирались минимальные значения. Это позволило установить временной взаимный сдвиг исследуемых процессов, обеспечивающий их наиболее тесную статистическую зависимость.

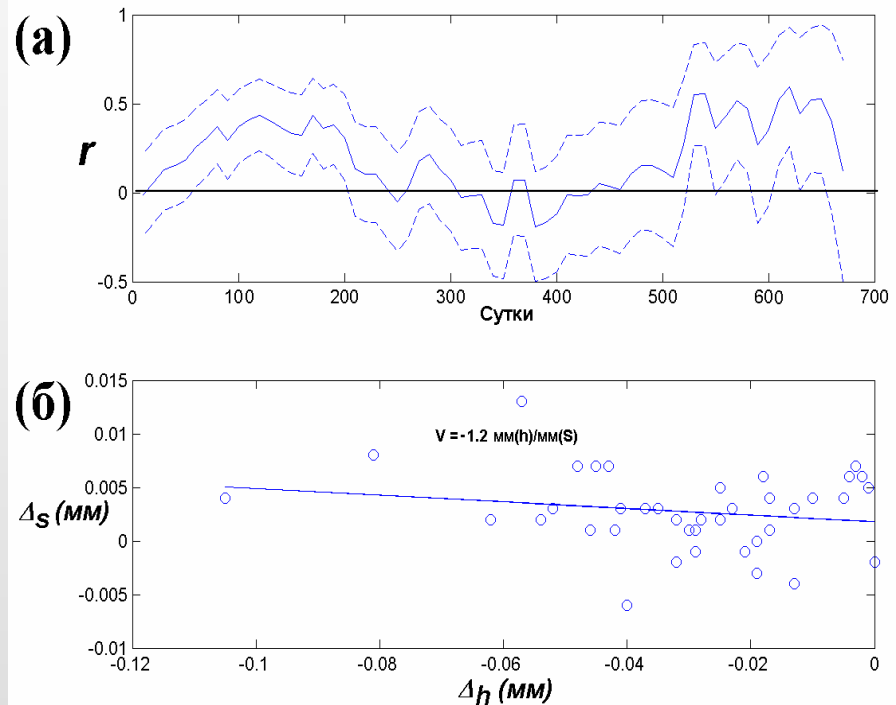
Корреляционная и регрессионная зависимости расстояний и превышений между пунктами

№ №	Сравнимые характеристики	Кэф. корреляции и их стандартные отклонения $r \pm \sigma_r$	Прямая регрессия		Обратная регрессия		Остаточные стандартные отклонения	
			a	b	a'	b'	M_y	M_x
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Расстояния и превышения базовой линии в Австралии	-0.10 ± 0.12	.	.	.	.	.	.
2	Расстояния и превышения базовой линии в Австралии со смещением на 3 суток	-0.34 ± 0.09	0.450	-0.096	0.658	-1.217	0.004	0.013
3	Расстояния и превышения базовой линии в Москве	-0.18 ± 0.19	.	.	.	.	.	.
4	Расстояния и превышения базовой линии в Москве со смещением на 380 суток	-0.19 ± 0.15	0.002	-0.031	-0.028	-1.162	0.004	0.022

Проверка гипотезы о физическом механизме наблюдаемых деформаций

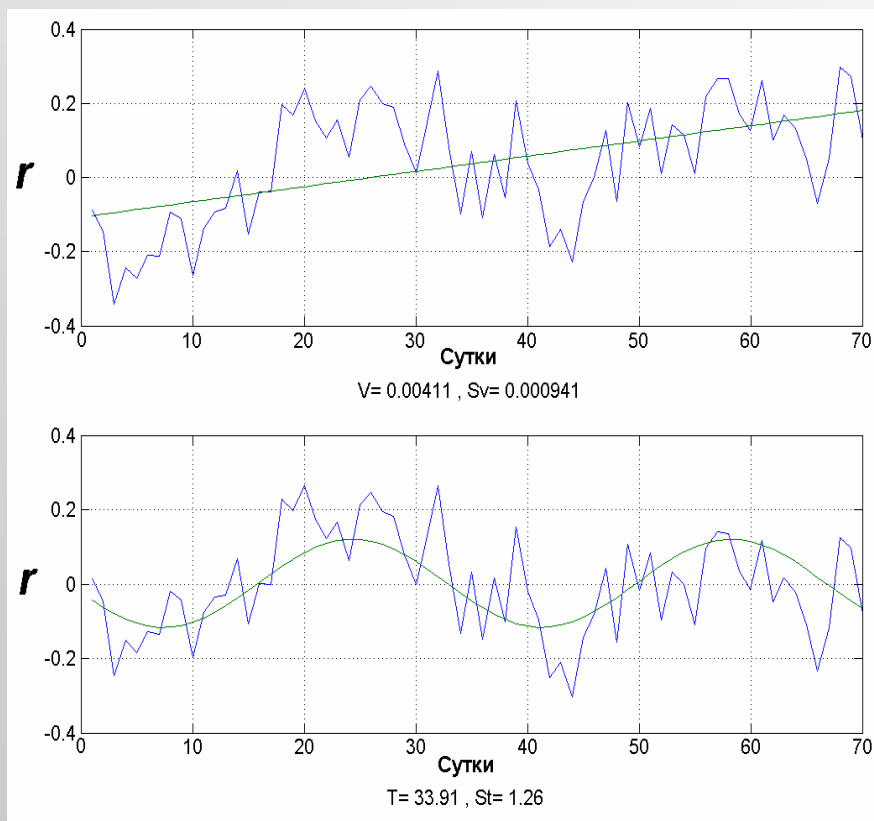


Статистическая взаимосвязь временных изменений расстояний и превышений для Австралийской базовой линии. (а) – изменение коэффициентов корреляции в скользящем временном окне. Пунктиром показаны интервалы 1σ . (б) – характер увеличения превышений по мере сокращения расстояний.

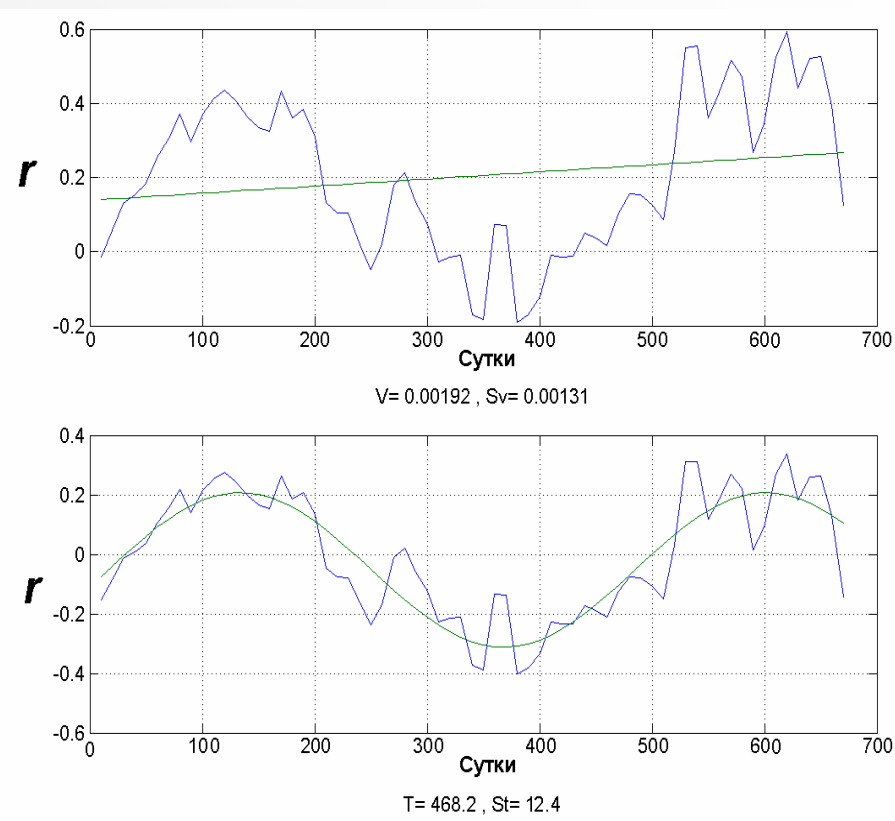


Статистическая взаимосвязь временных изменений расстояний и превышений для Московской базовой линии. (а) – изменение коэффициентов корреляции в скользящем временном окне. Пунктиром показаны интервалы 1σ . (б) – характер увеличения превышений по мере сокращения расстояний.

Проверка гипотезы о физическом механизме наблюдаемых деформаций



Трендовая и периодическая компоненты модели изменения коэффициента корреляции для Австралийской линии (линейный тренд и околосесячный период).



Трендовая и периодическая компоненты модели изменения коэффициента корреляции для Московской линии (линейный тренд и околочандлеровский период)

Заключение

- По данным повторных и непрерывных геодезических измерений обнаруживаются признаки существования горизонтальной миграции медленных деформационных волн
- Необходимо продолжать исследования и организовывать специальные эксперименты для обеспечения более надежных выводов