

МИРОНОВ А.П., ЛАТЫНИНА Л.А., МИЛЮКОВ В.К.

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИТОСФЕРЕ, СИЛЬНЕЙШИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ГЕОДИНАМИКА ЗЕМЛИ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07–05–00786–а

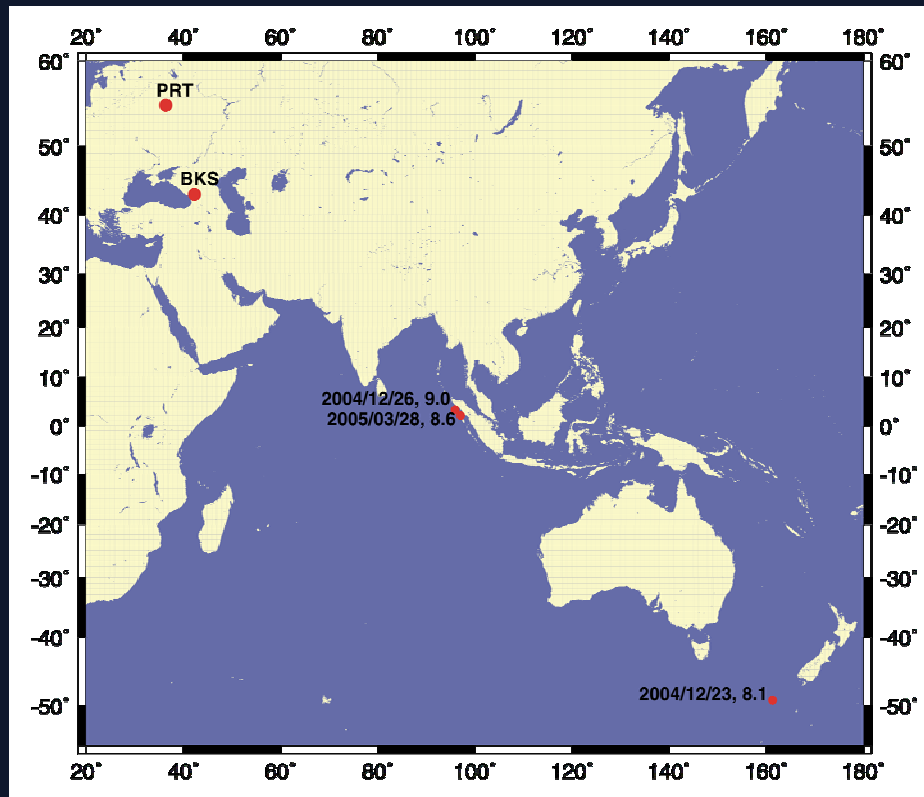
ГАИШ МГУ
САГИТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2009
2 ФЕВРАЛЯ 2009

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Наша работа посвящена поиску взаимосвязи между литосферными деформациями и сильнейшими землетрясениями. А также, поиску некоторого глобального механизма, который может вызывать эту зависимость.

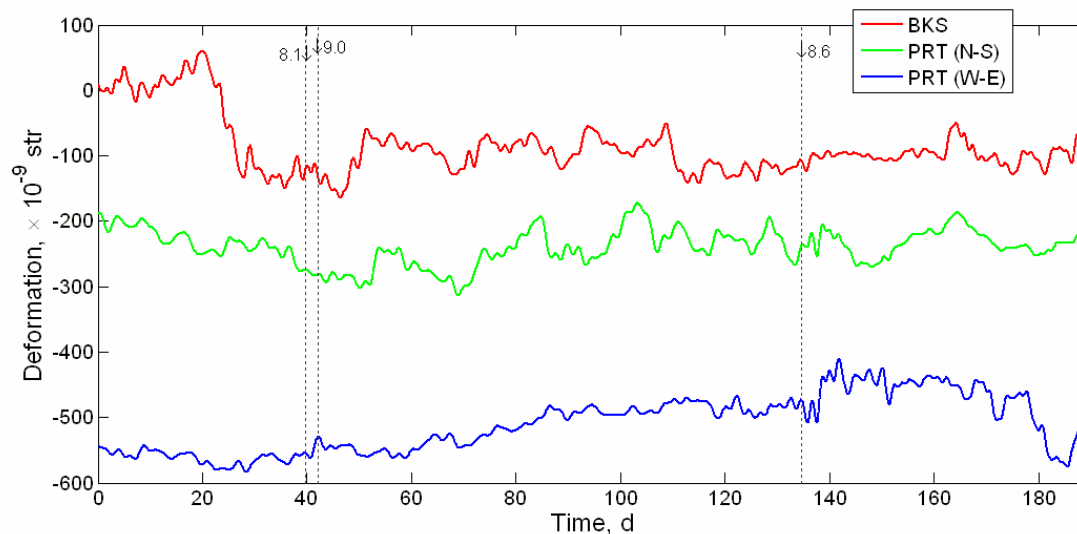
Глобальные геодинамические процессы в литосфере могут происходить как следствие воздействия на тектоносферу различных эндо– или экзогенных источников, а так же в результате вариаций состояния собственных характеристик литосферы. Например, такие глобальные эффекты геодинамики литосферы могут проявляться в виде подготовки сильнейших землетрясений. Так в ряде работ (Трапезников, Горькавый, Фридман) обсуждался вопрос о существовании «глобальной компоненты сейсмической активности Земли», вызываемой физическим механизмом, являющимся общим для всей планеты.

Из предположений о глобальной природе сильнейших землетрясений следуют важные выводы для изучения тектонических процессов. Землетрясения могут предшествовать и сопровождать возмущения в характере развития глобальных тектонических процессов. Эти возмущения можно обнаружить, так как они распространяются повсеместно на земной поверхности, происходят синхронно и подобны по форме.



Например, в декабре 2004 года и в марте 2005 в районе Северной Суматры произошло два катастрофических землетрясения с магнитудами 9.0 и 8.6. На графике представлены записи литосферных деформаций, полученных на станциях Баксан и Протвино за период с 12 декабря 2004 по 10 мая 2005 (149 дней).

На рисунке отмечается схожесть бухтообразных форм и динамики развития деформационных полей на пространственно-разнесенных деформографических станций в этот период.



Вопрос описание такого глобального механизма, влияющего на состояние литосферы, в настоящее время остается открытым и обсуждается. Нам, наиболее очевидным представляется, что это ротационные эффекты, связанные с неравномерностью вращения Земли и обуславливающие инерционное воздействие на геоблошки.

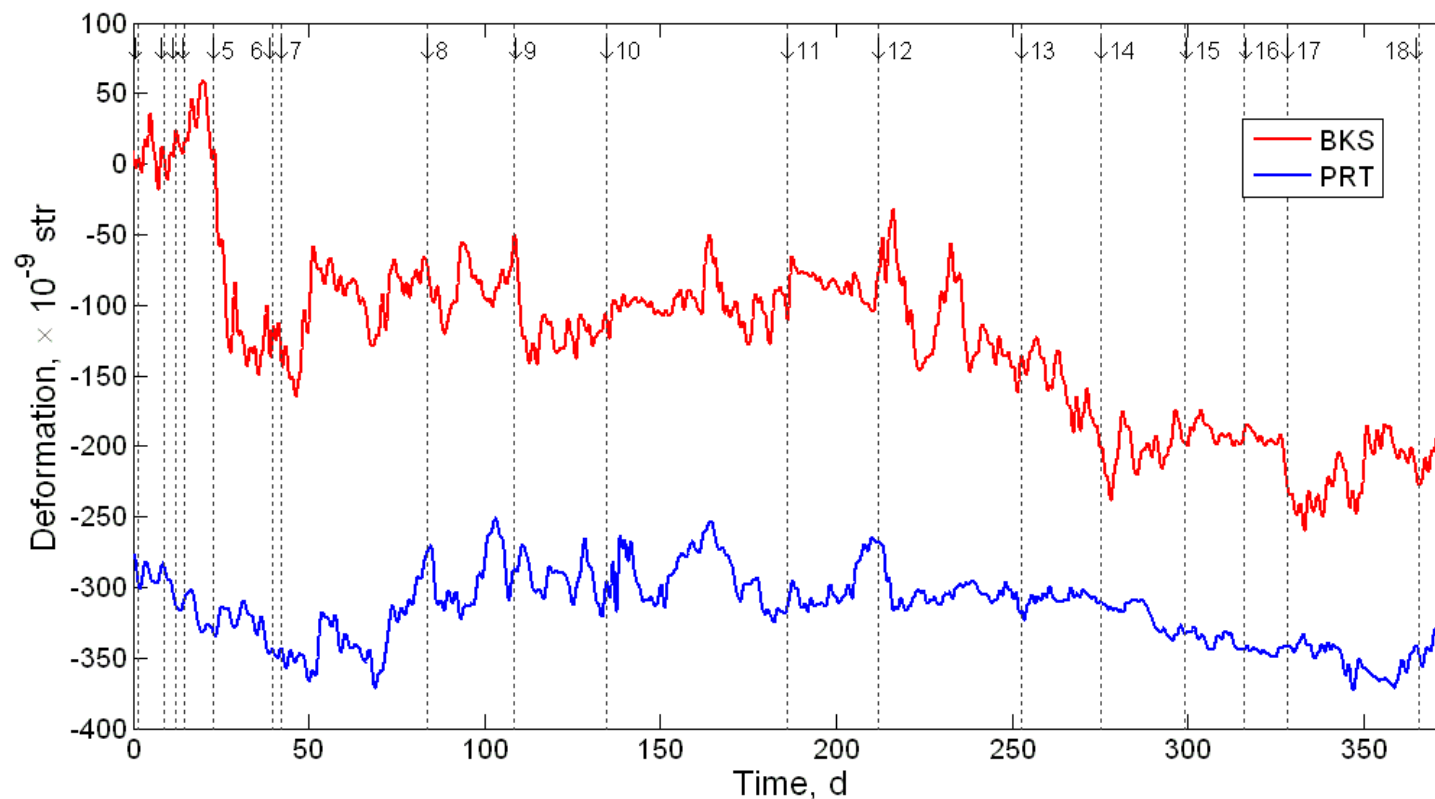
Т.е. в качестве механизма, вызывающего глобальные (повсеместные) деформационные процессы, можно описать в рамках геодинамической ротационной модели, в которой процессы перераспределения напряженно-деформированного состояния земной коры, в том числе, в местах подготовки сейсмических событий, классифицируются как реакция момента количества движения отдельных блоков или совокупности фрагментов литосферы на изменение скорости вращения Земли.

В развитие и для экспериментальной проверки изложенной идеи нами была исследована взаимосвязь локальных деформационных полей, являющихся проявлением деформационных процессов глобального характера, глобальной сейсмичностью и вариациями скорости вращения Земли на коротких интервалах времени.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для выявления и описания глобального механизма необходимо привлечь деформационные данные, глобальную сейсмичность и данные по неравномерности вращения Земли.

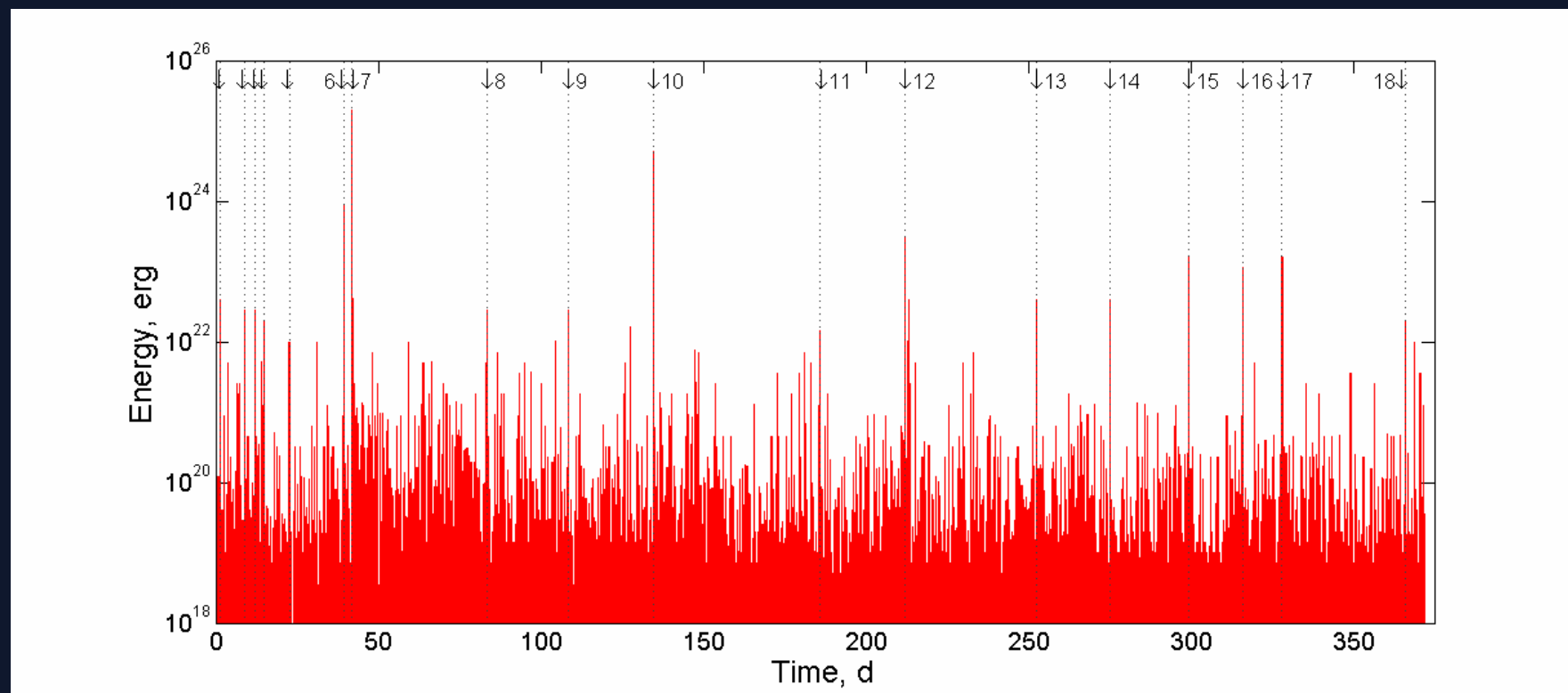
При этом необходимо очистить данные от известных нагрузочных эффектов (лунно–солнечный прилив, океанический прилив, метеозависимость), что бы выявить в остатках искомую глобальную компоненту.



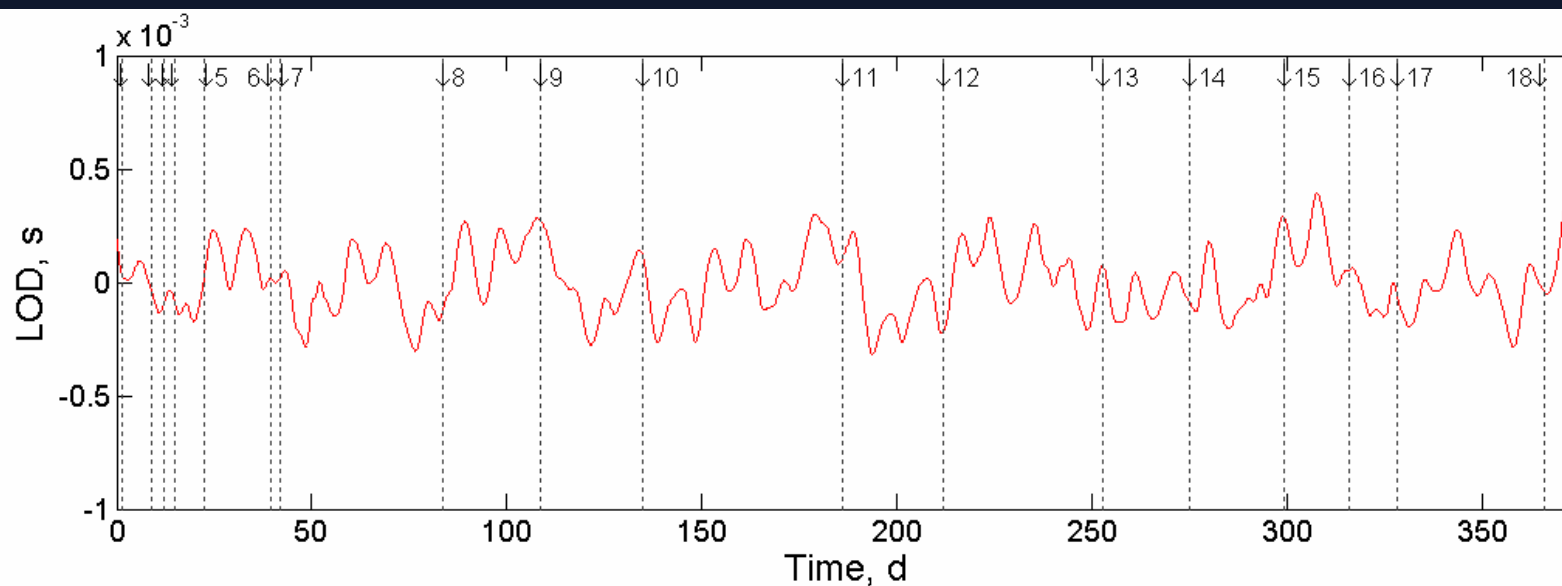
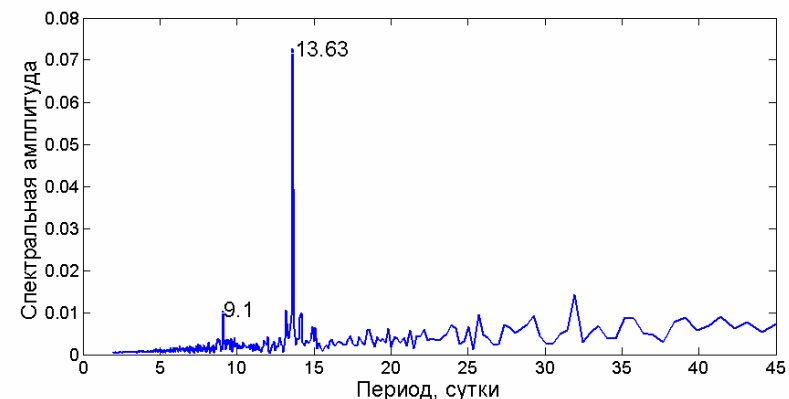
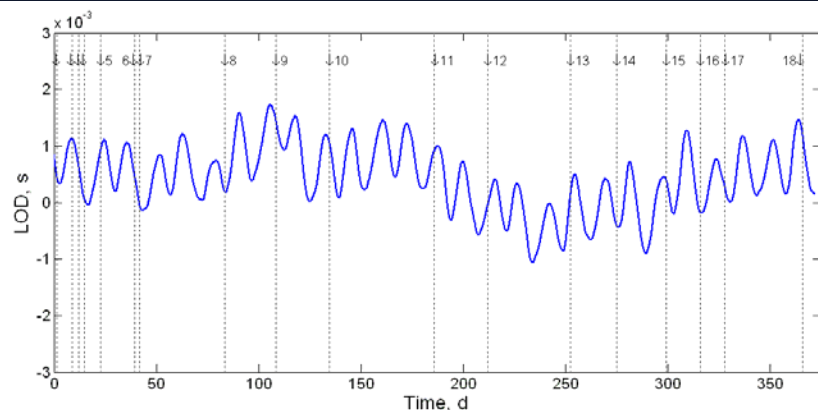
Литосферные деформации представлены оригинальными данными станций Баксан (Северный Кавказ), одна компонента, расположенная под азимутом 150 градусов, и Протвино (Подмосковье), компоненты С–Ю и З–В, за период с 14/11/2004 по 20/11/2005 (372 дня). Время опроса – 1h. С записей сняты зависимости, вызванные приливным воздействием (теоретический прилив), и скомпенсированно влияние метеорологических параметров: температуры и атмосферного давления. Данные PRT были получены при повороте деформационных записей с протвинской станции на направление азимута баксанского прибора.

Сильнейшие землетрясения, произошедшие за период с 14/11/2004 по 20/11/2005 г, полученные из каталога глобальной сейсмичности Национального информационного центра по землетрясениям Геологической службы США (USGS, NEIC).

№.	ДАТА	ВРЕМЯ	МАГНИТУДА	ЭНЕРГИЯ, эрг
1.	2004-11-15	09:06:56	7.2	3.98E+22
2.	2004-11-22	20:26:24	7.1	2.82E+22
3.	2004-11-26	02:25:03	7.1	2.82E+22
4.	2004-11-28	18:32:13	7.0	2.04E+22
5.	2004-12-06	14:15:11	6.8	1.00E+22
6.	2004-12-23	14:59:00	8.1	8.91E+23
7.	2004-12-26	00:58:53	9.0	2.00E+25
8.	2005-02-05	12:23:18	7.1	2.82E+22
9.	2005-03-02	10:42:12	7.1	2.82E+22
10.	2005-03-28	16:09:36	8.6	5.01E+24
11.	2005-05-19	01:54:52	6.9	1.43E+22
12.	2005-06-13	22:44:33	7.8	3.16E+23
13.	2005-07-24	15:42:06	7.2	3.98E+22
14.	2005-08-16	02:46:28	7.2	3.98E+22
15.	2005-09-09	07:26:43	7.8	1.58E+23
16.	2005-09-26	01:55:39	7.5	1.12E+23
17.	2005-10-08	03:50:40	7.7	1.59E+23
18.	2005-11-14	21:38:51	7.0	2.00E+22



Часовые данные глобальной сейсмической активности за период с 14/11/2004 по 20/11/2005, построенные по записям каталога Национального информационного центра по землетрясениям Геологической службы США (USGS, NEIC) за период с 14/11/2004 по 20/11/2005 (372 дня).



Ряд вариаций скорости вращения Земли был получен на основе данных из каталога Международной службы оценки параметров вращения и координат Земли (IERS) за указанный период, из которого были выбраны значения вариаций длительности суток (LOD). Данные были очищены от прилива твердой Земли и океанического прилива. В результате были построены остаточные вариации длительности суток dLOD.

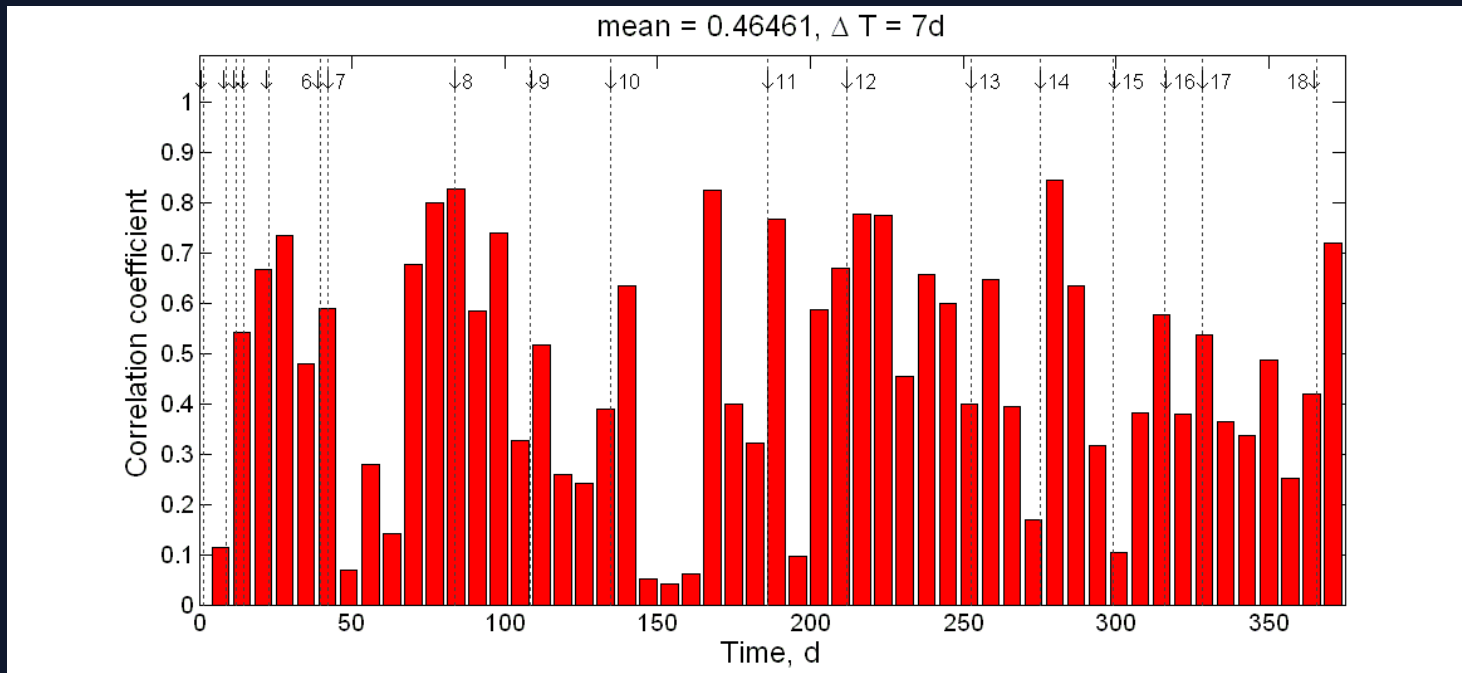
МЕТОДИКА АНАЛИЗА

При анализе пространственно-временных зависимостей между рядами наблюдений деформаций (BKS, PRT), глобальной сейсмической активности (MAG) и остаточными вариациями длительности суток (δLOD) вычислялись двух- и трехмерные коэффициенты корреляции по следующему алгоритму:

- Исходные временные ряды делились на равные части без перекрытия, при этом интервал деления варьировался от 72 часов (3 суток) до 336 часов (14 суток) с шагом в 24 часа.
- Внутри полученных интервалов между рядами вычислялась линейная корреляция (парная и тройная).

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

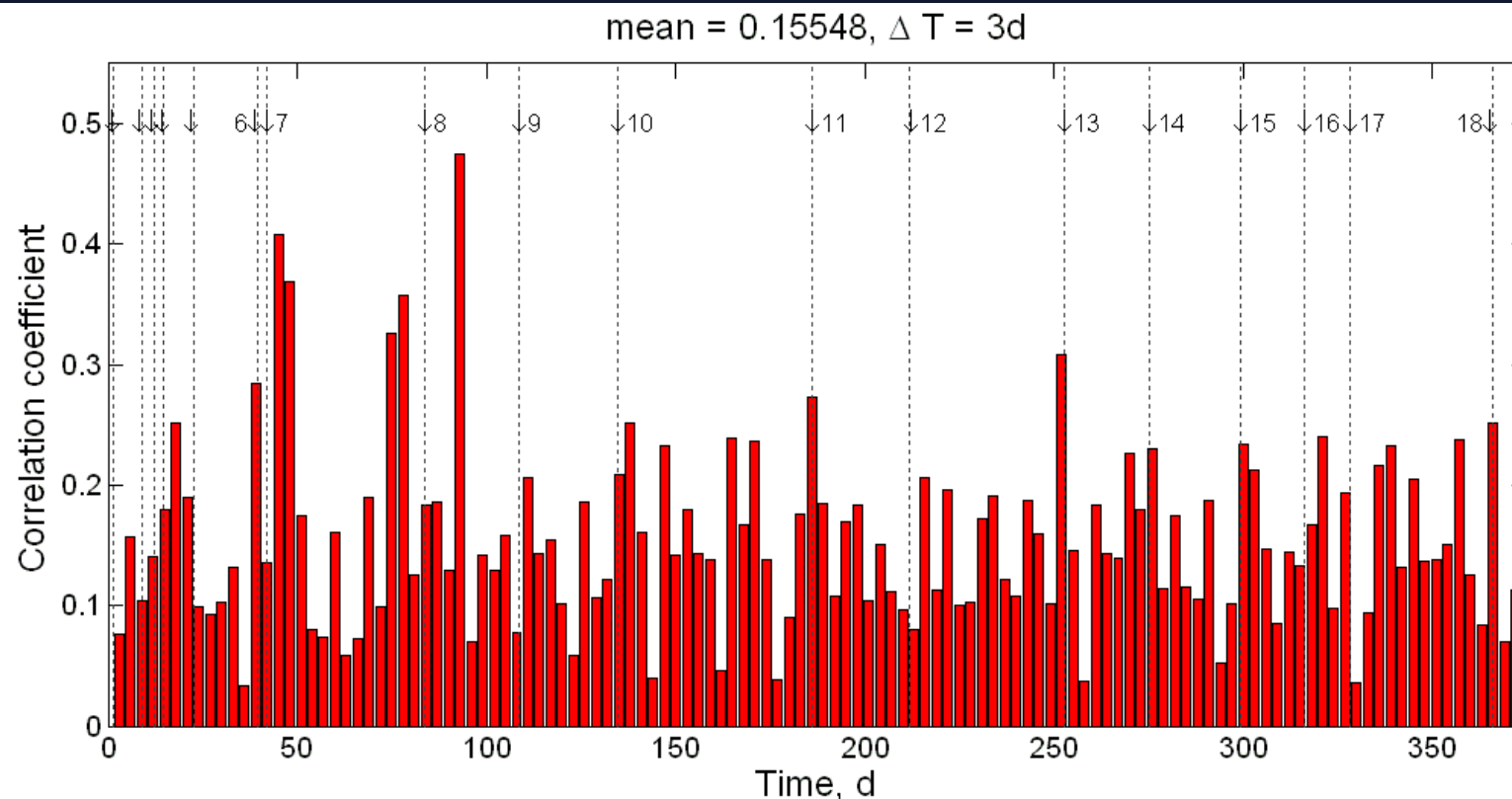
МОДУЛЬ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ДЕФОРМАЦИОННЫМИ РЯДАМИ БАКСАН – ВКС И ПРОТВИНО – РРТ С ШАГОМ РАЗБИЕНИЯ 7 СУТОК



Корреляционные функции для рядов деформации на станциях Баксан и Протвино показывают, что существует связь в динамике изменения деформационных полей для различных по геодинамике и удаленных друг от друга районов. Модуль корреляционной функции для рядов меняется во времени, максимальные значения достигают 0.9, оставаясь в среднем достаточно высоким на уровне ≈ 0.5 .

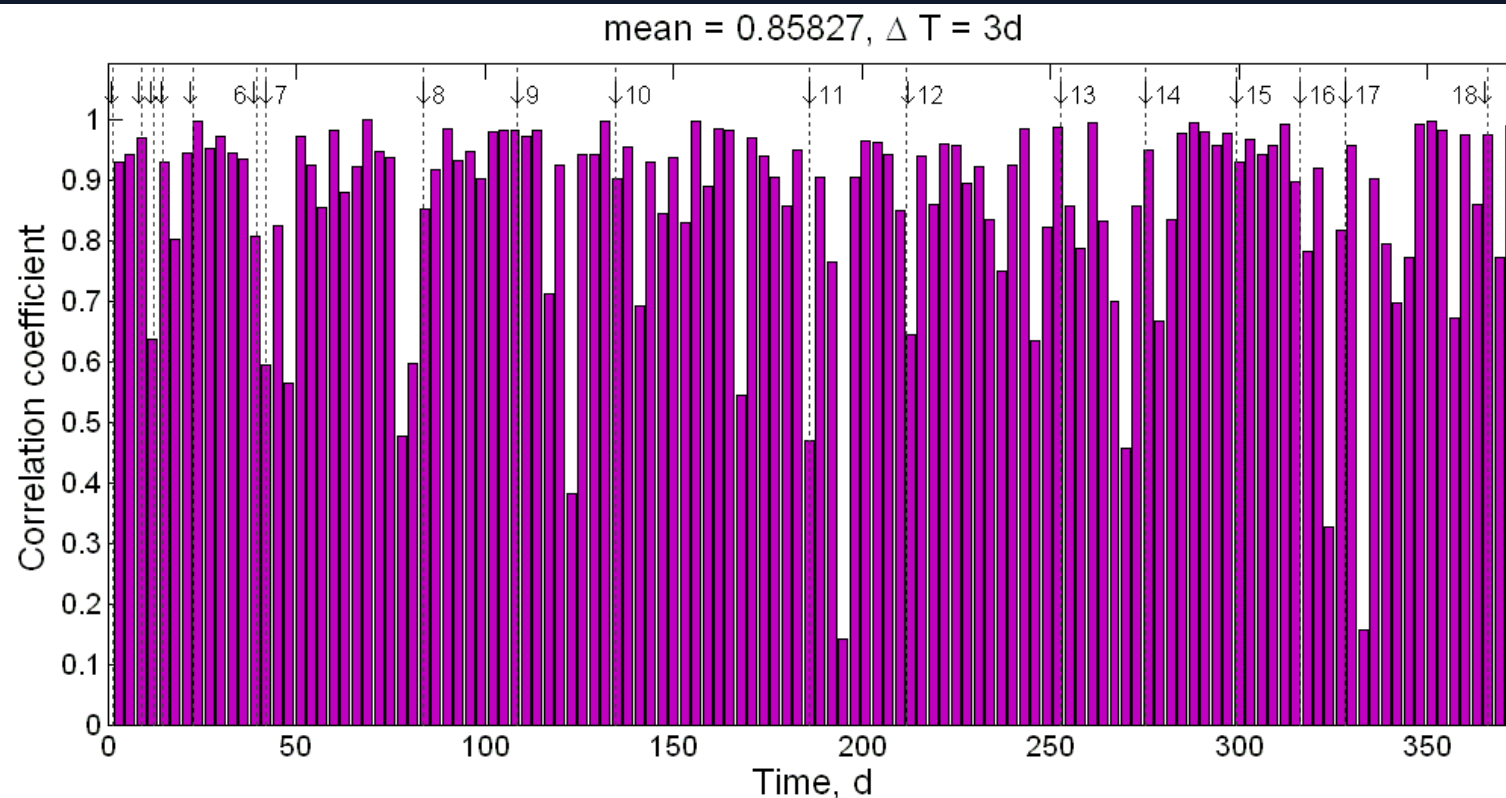
Таким образом, анализ показал на статистически значимом уровне существование составляющей глобального характера для деформационных полей.

КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ РЯДАМИ БАКСАН – ВКС, ПРОТВИНО – РРТ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ – MAG С ШАГОМ РАЗБИЕНИЯ 3 СУТОК



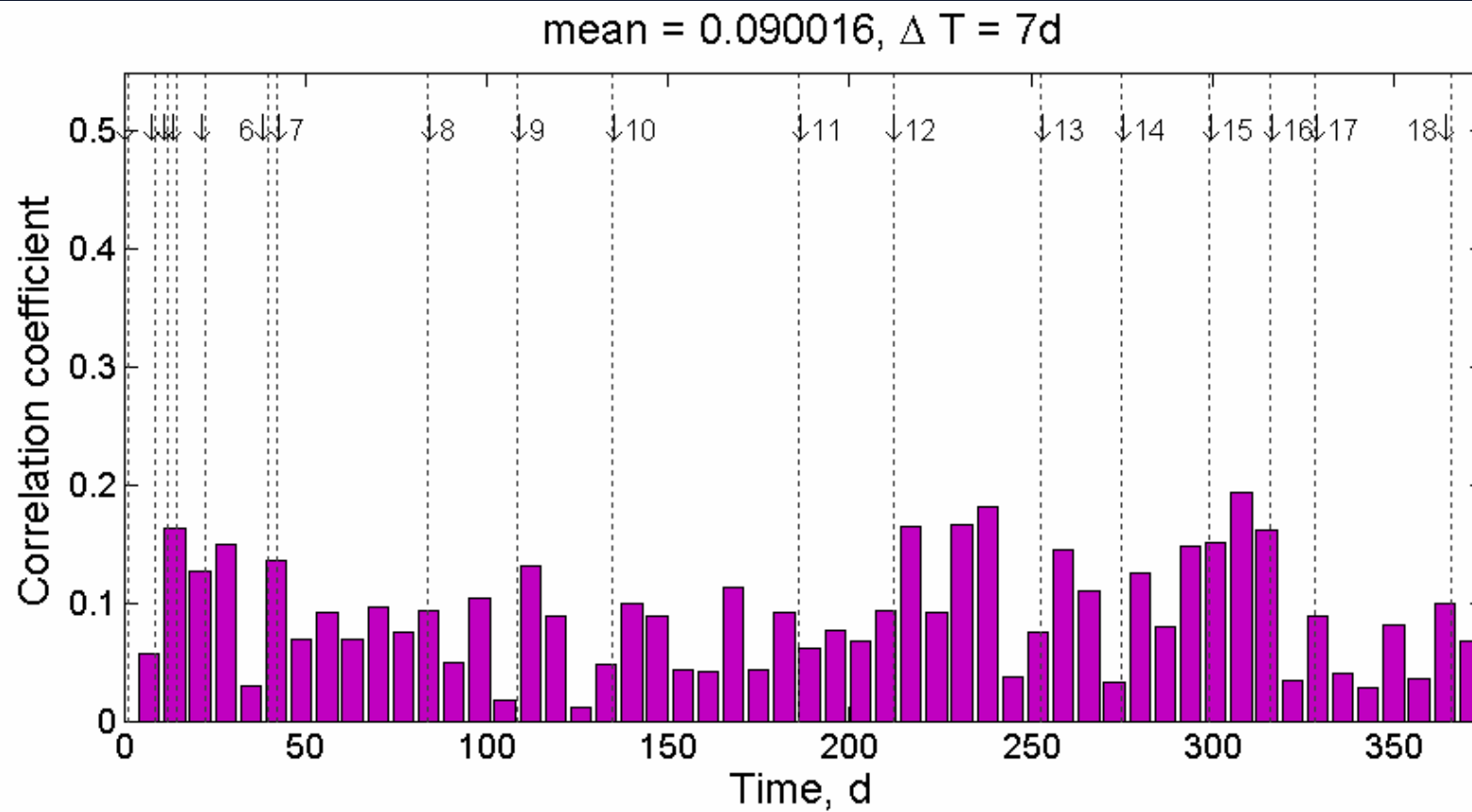
Сводный (трехмерный) коэффициент корреляции для рядов наблюдения деформации на Баксане и Протвино, и глобальной сейсмической активности существенно меньше, чем для корреляции деформаций, но в моменты сильнейших землетрясений он возрастает (события 6, 7, 8, 9, 11 и 13).

КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ РЯДАМИ БАКСАН – ВКС, ПРОТВИНО – РРТ И ВАРИАЦИЯМИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СУТОК – δLOD С ШАГОМ РАЗБИЕНИЯ 3 СУТОК

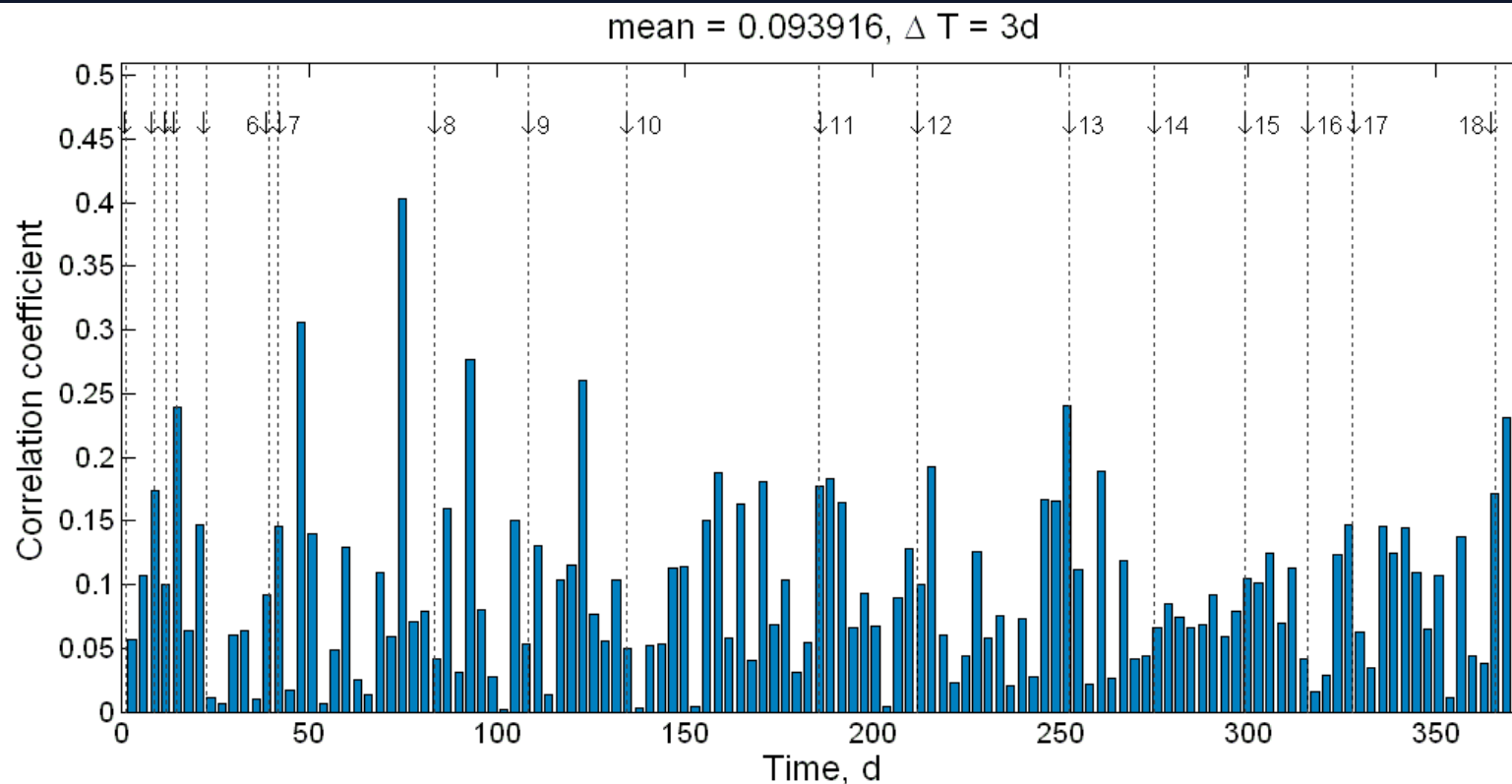


Сводный (трехмерный) коэффициент корреляции для рядов наблюдения деформации на Баксане и Протвино, и вариациями длительности суток показывает высокие значения. Среднее значение значения держится на уровне 0.85.

Тройная корреляция BKS/PRT/RANDOM

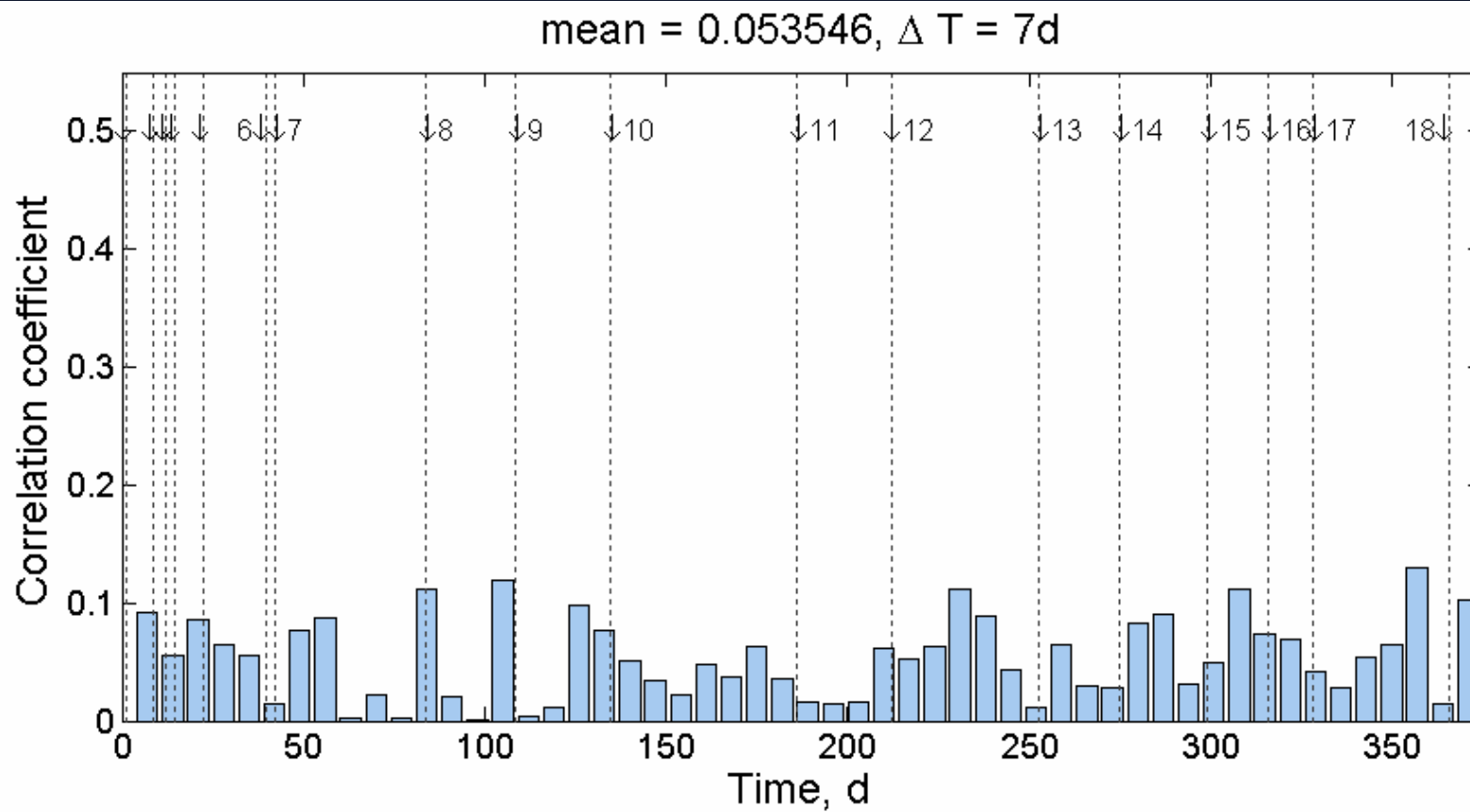


МОДУЛЬ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ РЯДАМИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ – MAG И ВАРИАЦИЯМИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СУТОК – δLOD С ШАГОМ РАЗБИЕНИЯ 3 СУТОК



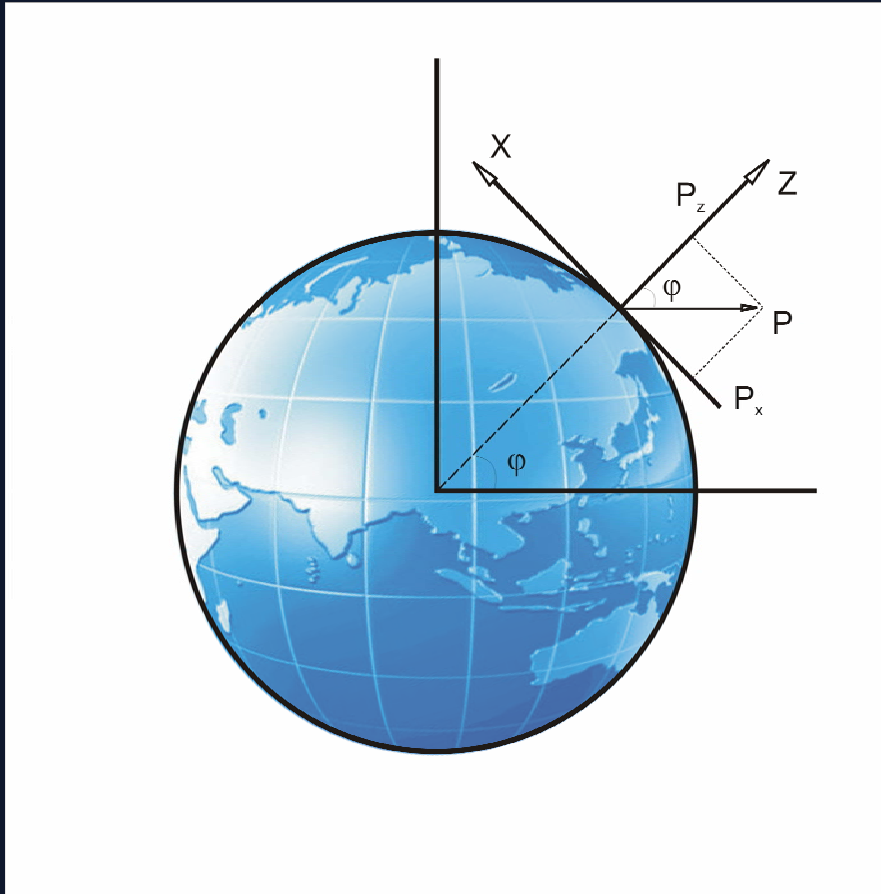
Модуль коэффициента корреляции между вариациями длительности суток и глобальной сейсмической активностью в целом несущественный, но, как и в случае с трехмерной корреляцией между глобальной сейсмической активностью и деформационными рядами, увеличивается в момент сильных землетрясений.

ПАРНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ MAG / RANDOM



Полученные результаты свидетельствует о том, что существует неслучайная связь в динамике режимов состояния литосферы для различных участков земной коры, сильнейшими землетрясениями, которые могут быть обусловлены глобальным эффектом связанным с вариациями вращения Земли.

ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВАРИАЦИЯХ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СИЛЫ.



Компоненты тензора деформации:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{P_n}{E} (\cos \varphi - \nu \sin \varphi)$$

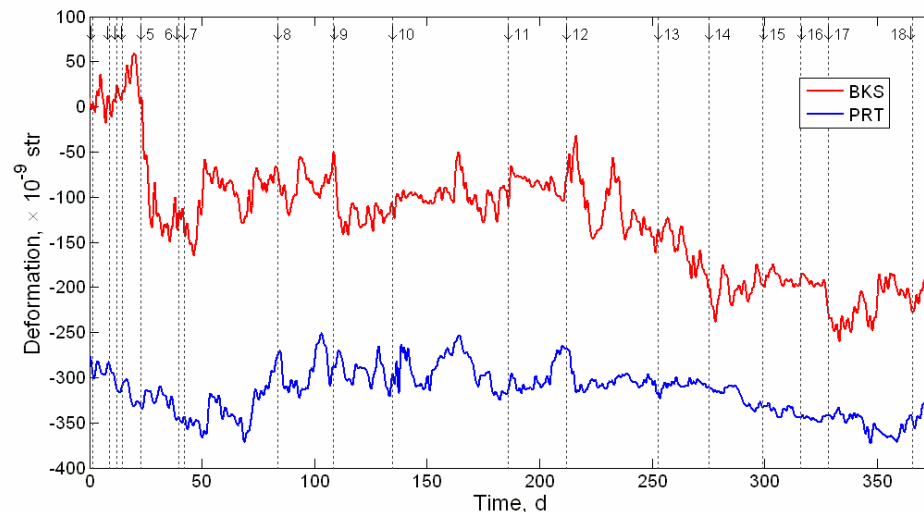
$$\varepsilon_{yy} = -\nu \frac{P_n}{E} (\cos \varphi + \sin \varphi)$$

где E , ν – упругие модули Юнга и Пуассона; φ – широта точки наблюдения; P_n – центробежная сила, действующая на единицу поверхности.

$$P_n = \rho h \omega^2 \left(\frac{\beta \gamma M_p}{g_e (\beta + \sin^2 \varphi)} \right)^{1/2} \cos \varphi$$

где ρ – плотность слоя толщины h ; ω – вариации скорости вращения Земли; β – избыток ускорения силы тяжести на полюсе Земли по сравнению с экватором к ускорению силы тяжести на экваторе; γ – гравитационная постоянная; M_p – масса Земли; g_e – нормальное ускорение силы тяжести на экваторе.

ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВАРИАЦИЯХ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СИЛЫ.



На периодах 2–5 недель характерные остаточных вариаций длительности суток, по данным каталога IERS, составляют 0.5×10^{-3} с.

Таким образом, для слоя толщиной 3 км оценки модуля продольных деформаций, вызванные изменением центробежной силы, составляют 70×10^{-9} стрейн для Баксана и 50×10^{-9} стрейн для станции Протвино.

Полученные оценки хорошо согласуются с наблюдаемыми данными.

Станция	Среднее на мес. интервале, нстр	Расчетная оценка , нстр
BKS	76	70
PRT	63	50

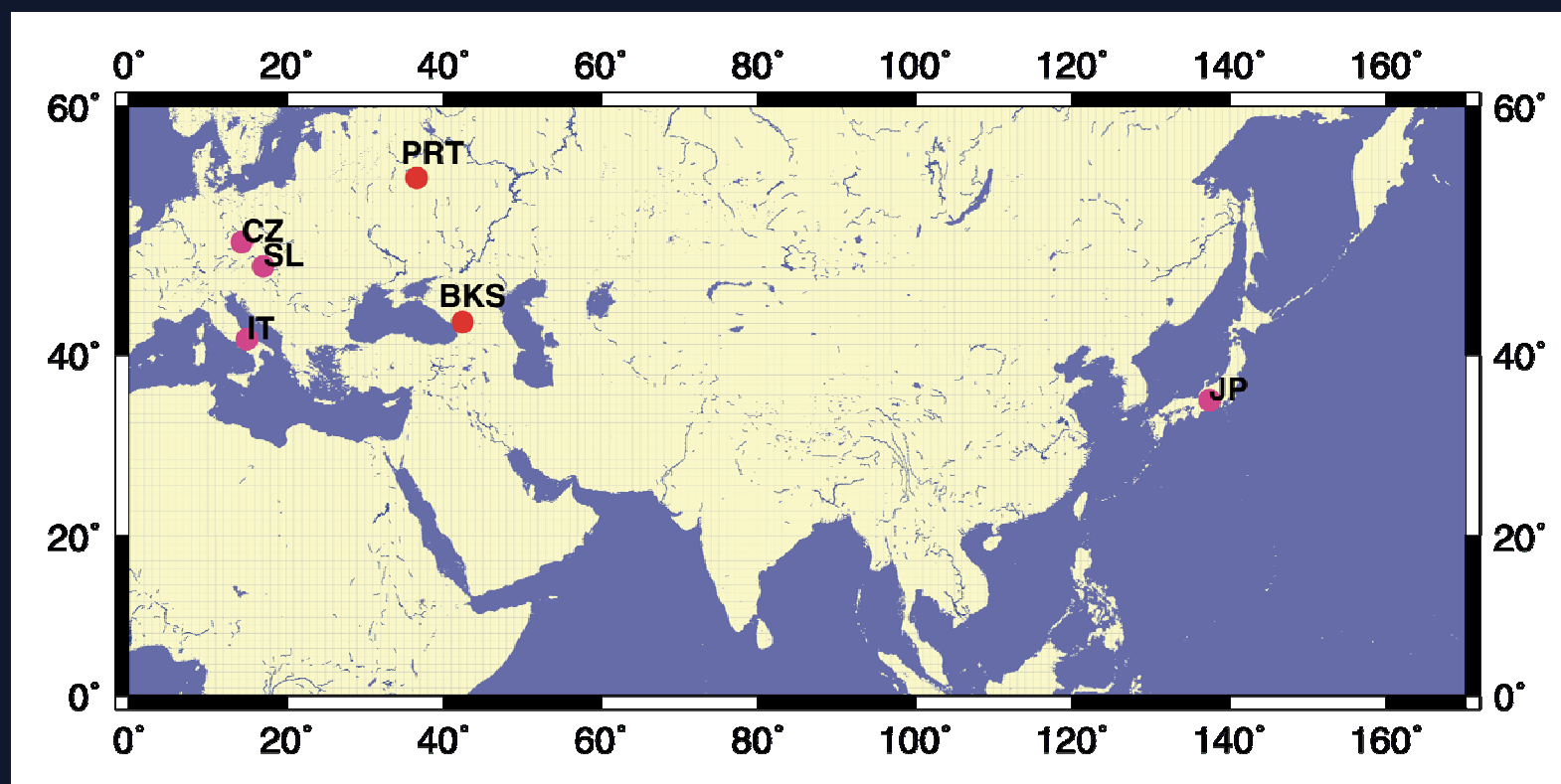
ВЫВОДЫ

Выявлена глобальная компонента деформационных полей, проявляющаяся повсеместно и на коротких интервалах времени, наиболее ярко наблюдаемая на временных интервалах от нескольких суток до месяца.

Проведенный статистический анализ показал существование взаимной связи между локальными проявлениями деформационных полей, глобальными тектоническими процессами и глобальной геодинамикой Земли. Данная связь носит неслучайный характер и сохраняется на различных пространственно-временных масштабах.

Глобальная компонента деформационных полей хорошо согласуется с ротационной моделью динамики (деформирования) литосферы Земли. Механизм возбуждения таких деформаций, скорее всего, обусловлен изменением скорости вращения планеты.

Цели и перспективы



Для подтверждения гипотезы существования глобальной компоненты деформационных полей предполагается выполнить анализ с привлечением дополнительных материалов.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ