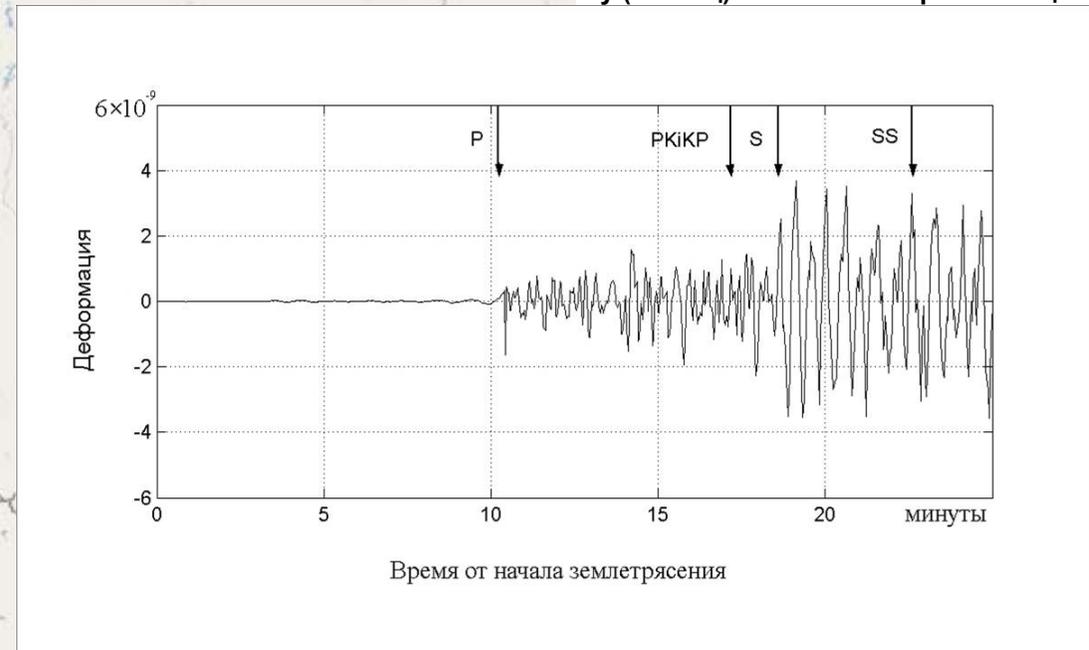
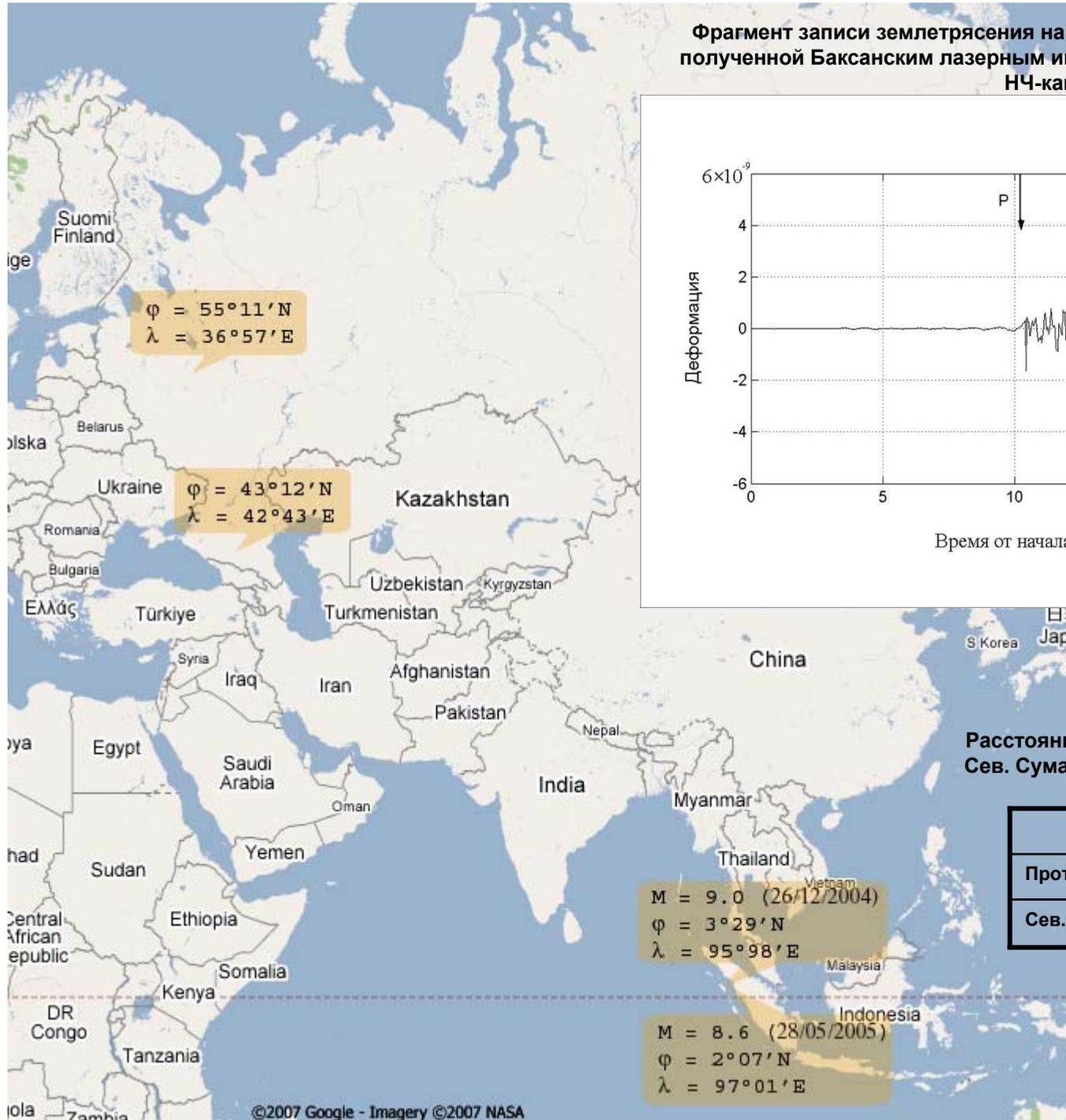


Миронов А.П., Латынина Л.А., Милюков В.К.



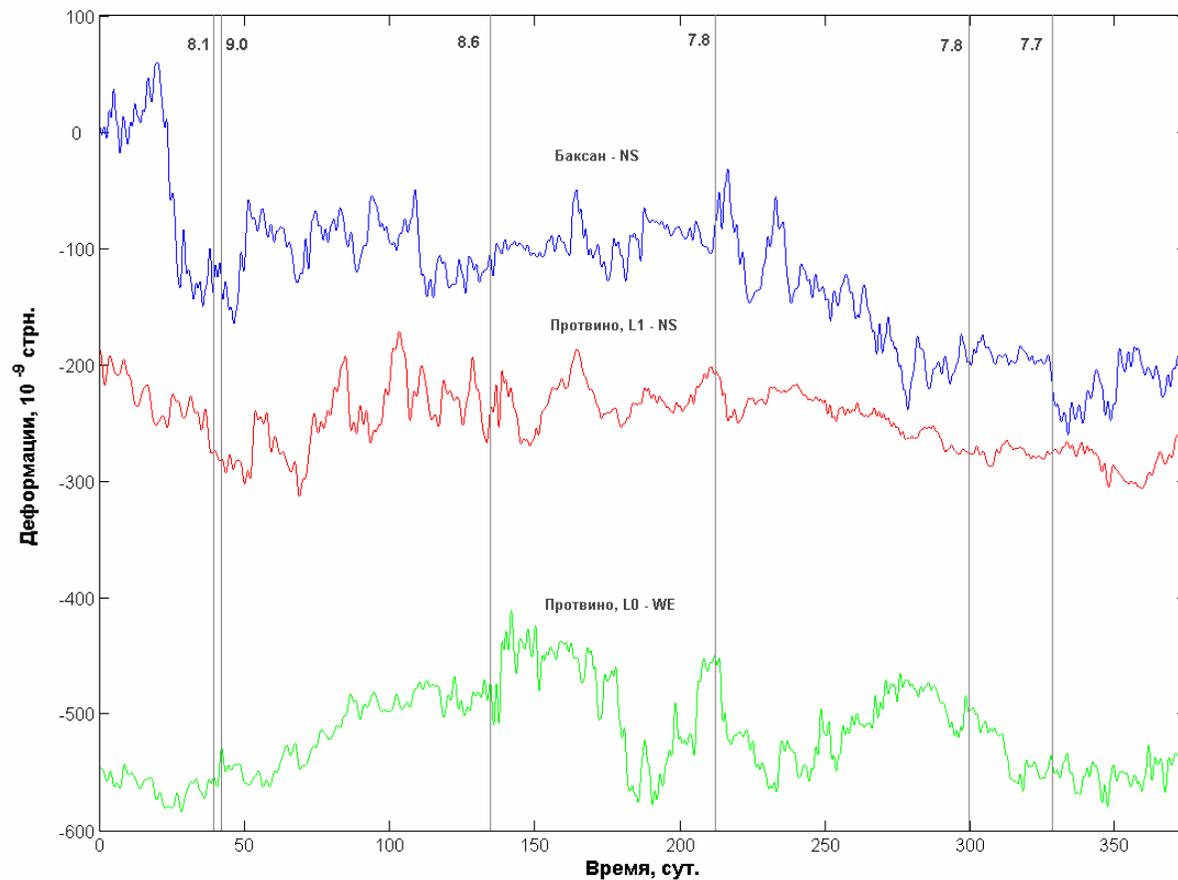
Деформационные процессы в литосфере и глобальная геодинамика Земли

Фрагмент записи землетрясения на Сев. Суматре 26-Дек-2004 (00^h58'48"), полученной Баксанским лазерным интерферометром по геофизическому НЧ-каналу (0-0.1Гц) с частотой опроса 0.5Гц



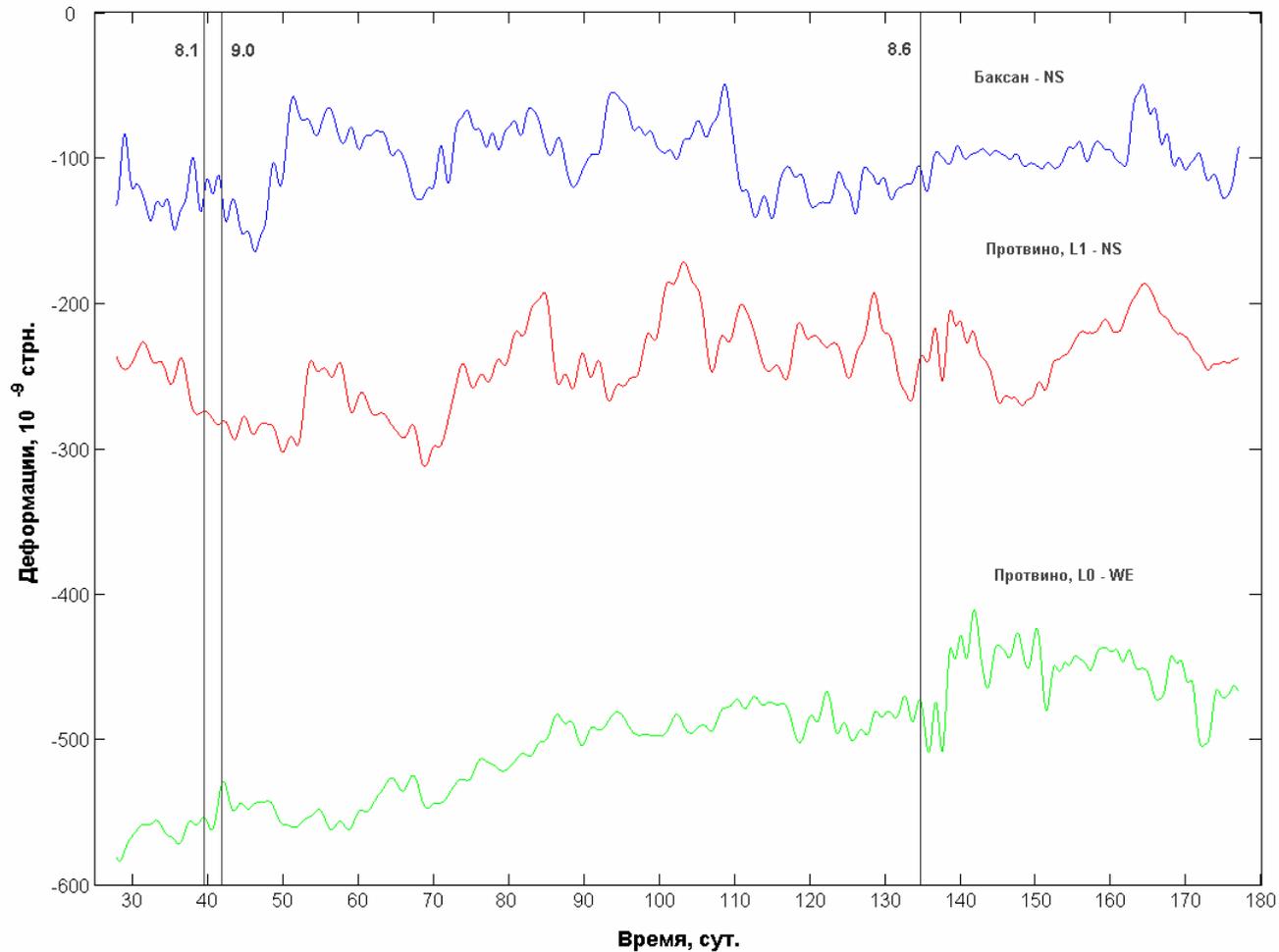
Расстояние между эпицентром землетрясения Сев. Суматры 26-Дек-2004 с M=9.0 и станциями наблюдения Протвино, Баксан, (км)

	Баксан	Протвино
Протвино	1 481	...
Сев. Суматра	7 408	8 750



Записи литосферных деформаций, полученных на станциях Баксан и Протвино (компонента L1 - направление С-Ю, компонента L0 - направление З-В) за период с 14-Ноя-2004 по 20-Ноя-2005 (372 дня). Время опроса – 1^h. В записях деформаций скомпенсированы сезонные, суточные метеорологические зависимости и теоретические приливные деформации. Вертикальными линия обозначены катастрофические землетрясения, произошедшие за указанный период (данные о землетрясениях взяты из каталога NEIC USGS):

Дата	Время (UTC)	φ, °	λ, °	Z, км	Магнитуда	Район
2004-12-23	14 ^h 59 ^m 04 ^s	49.31 S	161.35 E	10	8.10 (MwHRV)	Сев. Маккуори (Австралия)
2004-12-26	00 ^h 58 ^m 53 ^s	3.30 N	95.98 E	30	9.00 (MwHRV)	Сев. Суматра (Индонезия)
2005-03-28	16 ^h 09 ^m 36 ^s	2.09 N	97.11 E	30	8.60 (MwHRV)	Сев. Суматра (Индонезия)
2005-06-13	22 ^h 44 ^m 33 ^s	19.99 S	69.20 W	115	7.80 (MwGS)	Тарапака (Чили)
2005-09-09	07 ^h 26 ^m 43 ^s	4.54 S	153.47 E	90	7.80 (MwHRV)	арх. Бисмарка, о-в Новая Ирландия (Папуа - Новая Гвинея)
2005-10-08	03 ^h 50 ^m 40 ^s	34.54 N	73.59 E	26	7.70 (Ms)	Пакистан



Записи литосферных деформаций, полученных на станциях Баксан и Протвино (компонента L1 - направление С-Ю, компонента L0 - направление З-В) за период с 12-Дек-2004 по 10-Мая-2005 (149 дней). Время опроса – 1^h. В записях деформаций скомпенсированы сезонные, суточные метеорологические зависимости и теоретические приливные деформации. Вертикальными линия обозначены катастрофические землетрясения, произошедшие за указанный период.

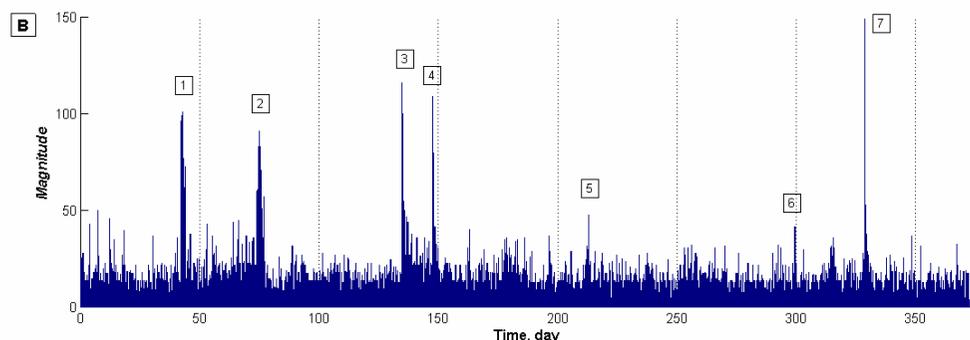
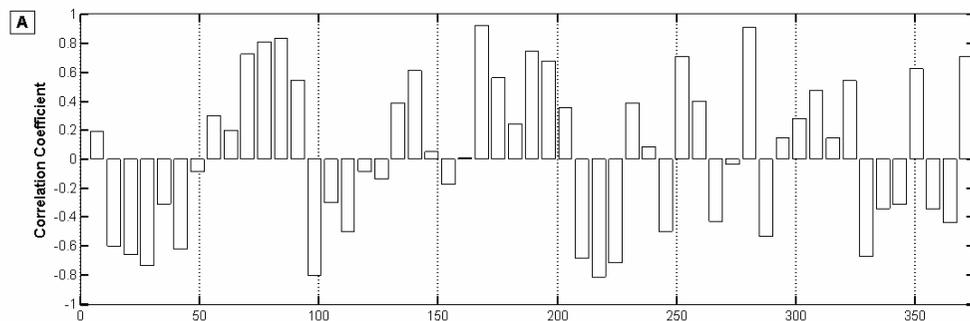
МЕТОДИКА

Для изучения взаимосвязи деформационных полей регионов, различных по тектонике и геодинамике, использовался корреляционный анализ.

Сравнивались локальные наблюдения деформаций и глобальный каталог землетрясений, из которого вычислялась суммарная магнитуда событий в часовом временном окне.

Для выявления зависимости были построены корреляционные функции, которые вычислялись по следующему алгоритму. Исходные временные ряды делились на равные части без перекрытия, внутри которых считалась линейная корреляция. При этом интервал деления варьировался от 72 часов (3 суток) до 336 часов (14 суток) с шагом в 24 часа.

Далее анализировались вариации значений и знака корреляций в выбранном интервале разбиения. Данные вариации сопоставлялись с выделением суммарной сейсмической энергии по всей Земле в часовых интервалах за выбранный период, синхронизовано по времени. Данные о землетрясениях взяты из каталога NEIC USGS.



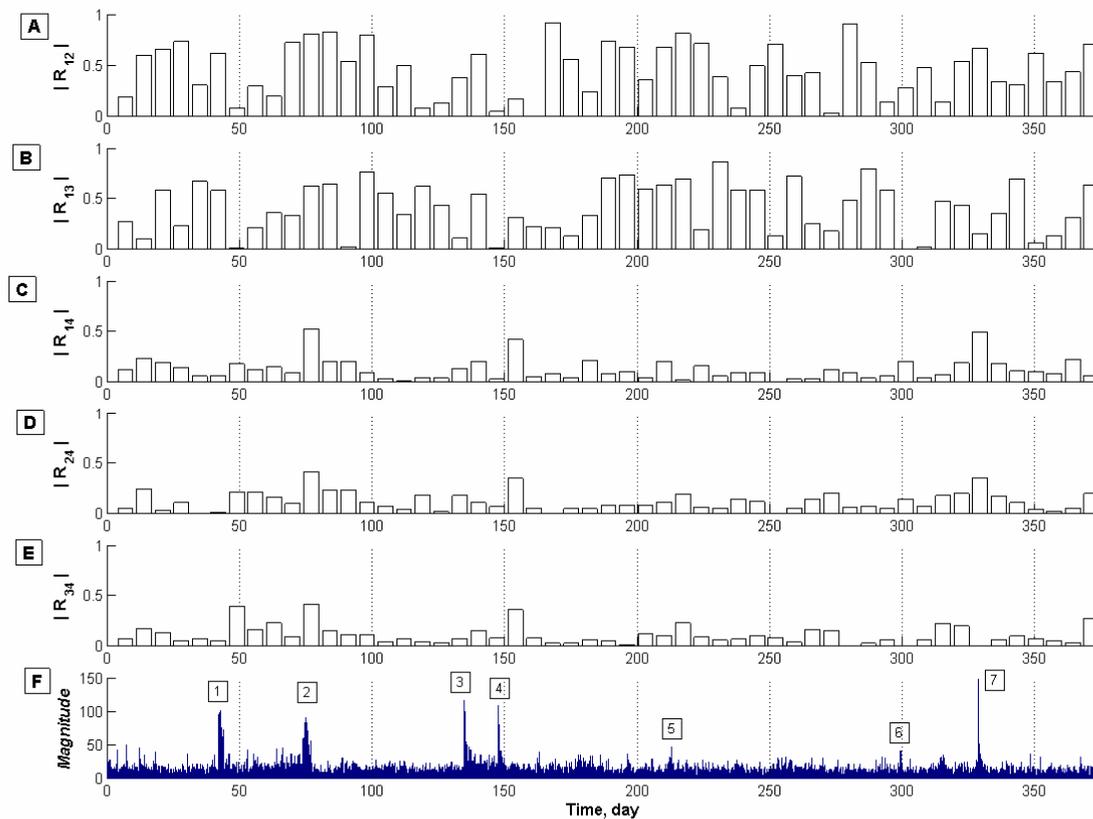
(A) – Изменение коэффициента корреляции во времени для деформационных рядов BKS, PNS с семисуточным шагом разбиения. **(B)** – Распределение по времени суммарной магнитуды землетрясений в часовом окне. Маркеры соответствуют следующим землетрясениям:

No.	Дата	Время (UTC)	Магнитуда	Район
1	2004-12-23	14 ^h 59'04"	8.10 (MwHRV)	Сев. Маккуори (Австралия)
	2004-12-26	00 ^h 58'53"	9.00 (MwHRV)	Сев. Суматра (Индонезия)
2	2005-02-05	12 ^h 23'18"	7.10 (MwHRV)	Целебесское (Сулавеси) море
3	2005-03-28	16 ^h 09'36"	8.60 (MwHRV)	Сев. Суматра (Индонезия)
4	Событие с магнитудой меньше 7.0			
5	2005-06-13	22 ^h 44'33"	7.80 (MwGS)	Тарапака (Чили)
6	2005-09-09	07 ^h 26'43"	7.80 (MwHRV)	о-в Новая Ирландия (Папуа - Новая Гвинея)
7	2005-10-08	03 ^h 50'40"	7.70 (Ms)	Пакистан

Корреляционные функции для рядов деформации показывают, что существует знакопеременная связь в динамике изменения деформационных полей для различных по геодинамике и удаленных друг от друга районов. Среднее значение модуля корреляционной функции сохраняется на уровне ≈ 0.5 , максимальные значения достигают 0.9.

В зависимости от длины интервала разбиения корреляции изменяются как по значению, так и по фазе. Наиболее знаковым является кадр с разбиением недельным интервалом, на котором наиболее четко прослеживается тенденция к смене знака корреляции в моменты, совпадающие с сильными землетрясениями. Например, увеличение корреляции с последующей сменой знака между 7–9 интервалом по времени совпадает с катастрофическим землетрясением на Северной Суматре 26-Дек-2004 года с $M=9.0$.

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



Изменение модуля коэффициента корреляции во времени с семисуточным шагом разбиения для рядов:

(A) $|R_{12}|$ – BKS / PNS;

(B) $|R_{13}|$ – BKS / PWE;

(C) $|R_{14}|$ – BKS / Суммарная магнитуда землетрясений;

(D) $|R_{24}|$ – PNS / Суммарная магнитуда землетрясений;

(E) $|R_{34}|$ – PWE / Суммарная магнитуда землетрясений.

(F) – Распределение по времени суммарной магнитуды землетрясений в часовом окне.

Корреляционные функции для локальных деформационных процессов и глобальной сейсмичности меняются во времени, однако, статистически значимых величин они достигают только в моменты сильнейших сейсмических событий.

При сравнении рядов деформаций BKS, PNS и глобальной сейсмичности, при недельном интервале разбиения, по абсолютному значению коэффициента корреляции наблюдается синхронность в увеличении взаимосвязи.

В целом, корреляции между деформациями и глобальным сейсмическим фоном, по-видимому, нет.

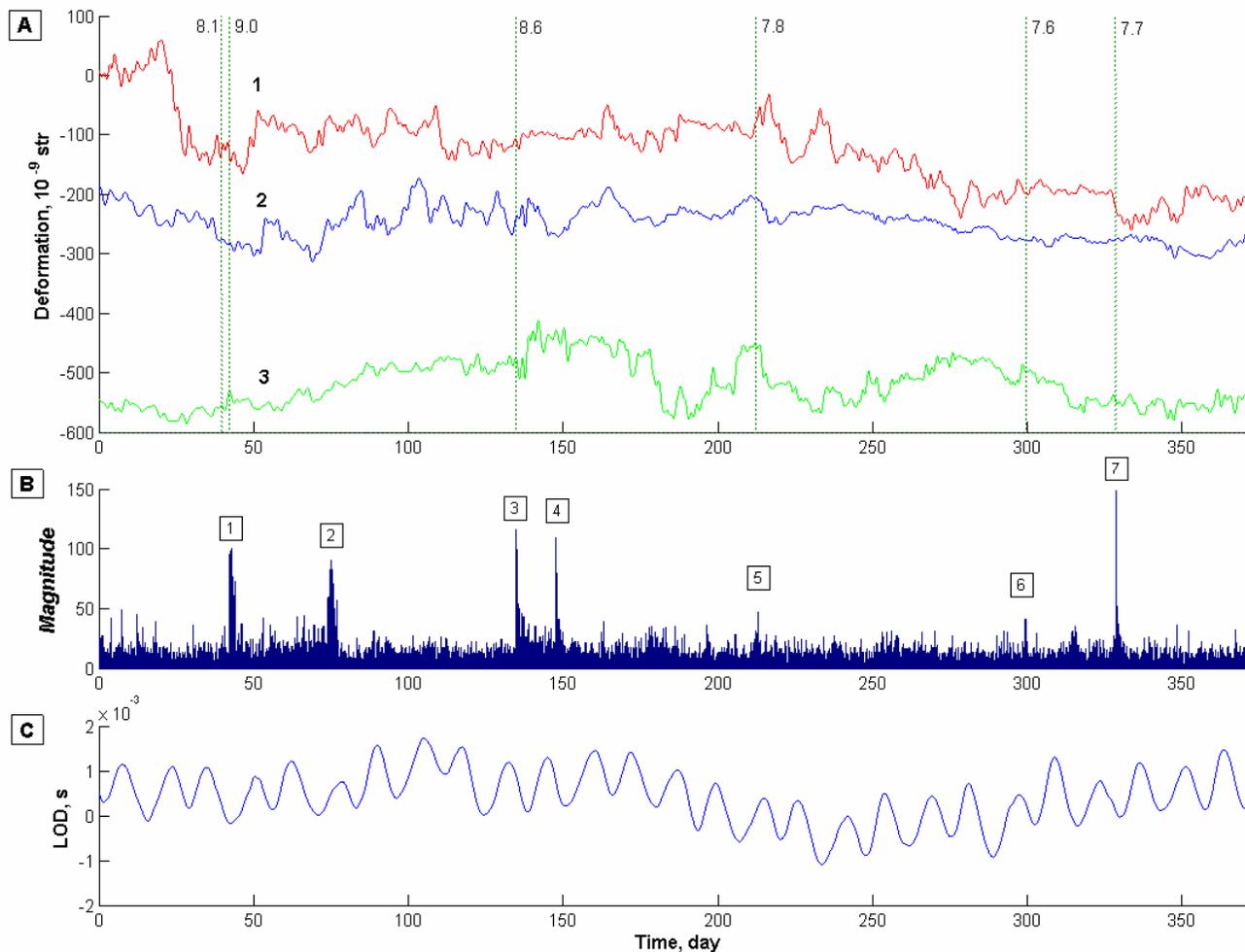
Принимая во внимание удаленность районов Баксана, Протвино и Северной Суматры друг от друга, можно предположить, что статистическая связь деформационных полей и сильнейших землетрясений является проявлением общей закономерности эволюции напряженно-деформированного состояния литосферы.

Вопрос глобального механизма, влияющего на состояние литосферы в целом и её деформационных полей в частности, в настоящее время остается открытым и обсуждается. В качестве одного из механизмов, обуславливающих такое синхронное поведение деформационных полей на региональном уровне, можно предложить ротационную геодинамическую модель, 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 земного шара на изменение скорости вращения планеты [1, 2].

Например, в ряде работ [3] анализировались связь глобальной сейсмичности с вариациями угловой скорости вращения Земли $\Omega(t)$ и её временной производной $|d\Omega(t)/dt|$ за период с 1964 по 2000 гг. Было показано, что на интервалах времени 3-5 лет такая связь существует и дифференцируется по широте. Так же была выявлена глобальная составляющая сейсмического процесса, обусловленная вариациями скорости вращения Земли [4].

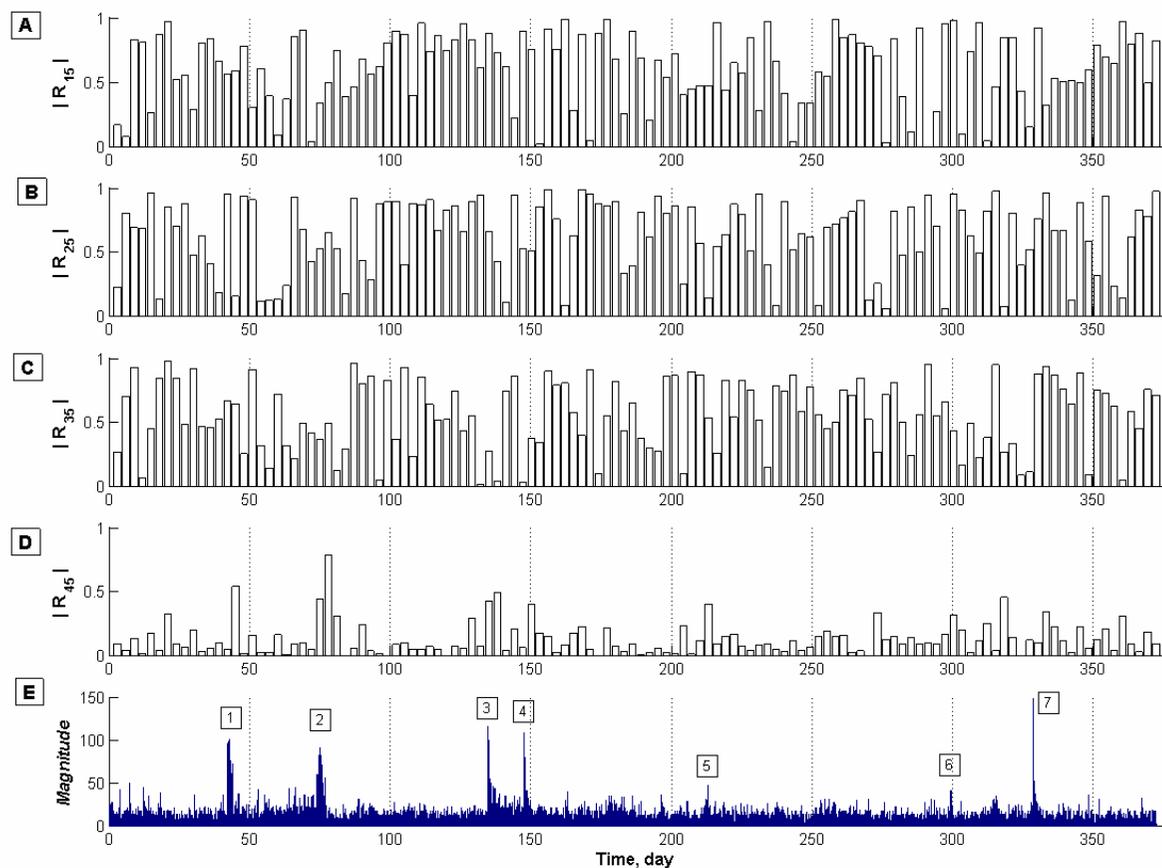
В развитие этой идеи нами была исследована взаимосвязь локальных деформационных полей, являющихся проявлениями деформационных процессов глобального характера, с вариациями скорости вращения Земли, на более коротких периодах времени, чем это было сделано в предыдущих работах. В качестве блока данных вариации скорости вращений Земли был использован каталог вариаций длительности суток IERS.

-
1. Рудаков В.П. Центры гедеформационных пульсаций литосферы – путь к новой парадигме сейсмологии? // «Наука и технология в России», №1-2 (78-79), 2006, с. 7-10.
 2. Тяпкин К.Ф. Новая ротационная гипотеза структурообразования и геоизостазия // «Геофизический журнал», 1980, т.2, №5, с. 40-46.
 3. Горькавый Н.Н., Трапезников Ю.А., Фридман А.М. О глобальной составляющей сейсмического процесса и её связи с наблюдательными особенностями вращения Земли. // Доклад АН СССР, 1994а, т.338, с. 525-527.
 4. Фридман А.М., Клименко А.В. Две компоненты сейсмической активности Земли и их связь с особенностями суточного вращения. // «Нелинейные волны» 2002 (Отв. ред. А.В. Гапонов-Грехов, В.И. Неноркин). – Н.Новгород: ИПФ РАН, 2003, с.133-155.



По выбранной методике исследовались корреляционные функции для деформационных наблюдений Баксана, Протвино, глобальной сейсмичности и вариации суток, связанные с изменением скорости вращения Земли.

- (A) – Общий ход деформации для Баксана (кривая 1), Протвино С-Ю (кривая 2), Протвино 3-В (кривая 3), за период с 14 ноября 2004 года по 20 ноября 2005 года. Пунктирными линиями обозначены катастрофические землетрясения, произошедшие за указанный период.
- (B) – Распределение по времени суммарной магнитуды землетрясений в часовом окне (данные о землетрясениях взяты из каталога NEIC USGS).
- (C) – Вариации длительности суток (данные взяты из каталога IERS). Для приведения данных к единому временному масштабу с шагом в 1 час вариации длительности суток были интерполированы с суточных значений на почасовые с использованием процедуры интерполяции с применением специальных НЧ фильтров.



Изменение модуля коэффициента корреляции во времени с трехсуточным шагом разбиения для рядов:

- (A) $|R_{15}|$ – BKS / Вариации длительности суток;
- (B) $|R_{25}|$ – PNS / Вариации длительности суток;
- (C) $|R_{35}|$ – PWE / Вариации длительности суток;
- (D) $|R_{45}|$ – Суммарная магнитуда землетрясений / Вариации длительности суток;
- (E) – Распределение по времени суммарной магнитуды землетрясений в часовом окне.

Анализ демонстрирует очень высокие корреляции между рядами деформаций BKS, PNS, PWE и вариациями скорости вращения Земли: максимальные значения достигают величины 0.9, средние значения на уровне ≈ 0.7 .

Корреляции между вариациями скорости вращения и суммарной энергией землетрясений, также, как и корреляции между деформациями и сейсмичностью, существенно ниже. Для сейсмически спокойных участков времени средние значения коэффициента корреляции лежат в интервале $0.2 \div 0.4$, в то же время в периоды сейсмической активности достигая величин $0.6 \div 0.85$.

Выводы

- Показано существование глобальной компоненты в деформационном поле литосферы с характерными периодами изменения порядка месяца, которая сохраняется на различных пространственно-временных масштабах.
- Выявлена высокая корреляционная связь между проявлениями глобального деформационного поля и вариациями скорости вращения Земли, на коротких промежутках времени порядка месяца.
- В целом, проведенный статистический анализ показал существование взаимной связи между локальными проявлениями деформационных полей, глобальными тектоническими процессами и глобальной геодинамикой Земли.
- Для подтверждения объективного характера полученных данных предполагается выполнить анализ материалов еще нескольких станций.