

Л. Латынина, И. Васильев, А. Любушин
Институт физики Земли Российской академии наук (м. Москва, Россия)

ДЛИННОПЕРИОДИЧЕСКИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ХОДЕ ДЕФОРМАЦИЙ В СВЯЗИ С СИЛЬНЕЙШИМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

© Латынина Л., Васильев И., Любушин А., 2005

Обсуждается вопрос о глобальной природе сильнейших землетрясений. Приводятся фрагменты записи землетрясения на Суматре 26.12.2004 г. Поиски предвестников таких землетрясений можно проводить как поиски возмущений в ходе деформаций. Их признаками служит повсеместность распространения, синхронность и подобие формы. Выполняется анализ данных наблюдений вблизи Москвы, определяются возмущения в ходе деформации, проводится компенсация вариаций атмосферного давления и температуры. Анализ данных многих станций позволит получить статистически значимые результаты.

The global origin of the strongest earthquakes is discussed. The fragments of Sumatra earthquake 26.12.2004 records are presented. Searching for forerunners should to be carried out as disturbance in deformation of the Earth crust. Their evidence can be used as the universal currency distribution, the synchronism and similarity of the form. The series of strains observations in area of Moscow are analysed, the disturbance of processes are considered, the compensating for changes of atmospheric pressure and temperatures are carried out. The strain analysis at several stations will allow to receive us statistically more correctly results.

Введение. Сильнейшие землетрясения последних лет и роковое по своим последствиям землетрясение на Суматре 26.12.2004 г. показали, что проблема прогноза землетрясений остается актуальной. Постановка данной работы основана на представлениях о глобальной природе крупнейших мировых землетрясений. Это следует из масштабов событий, протяженности разрывных нарушений в эпицентральных зонах и размерах геологических структур, которые способны аккумулировать энергию, освобождаемую при землетрясении. Протяженность разрыва при землетрясении 26.12.2004 г. порядка 1000 км, размеры зоны упругой деформации, которая участвовала в подготовке землетрясения, в 3–5 раз больше. О глобальной природе крупнейших землетрясений свидетельствуют также данные об их групповом распределении во времени. Последние землетрясения с магнитудой $M > 8.5$ в Чили, в Перу, на Камчатке, на Алеутах произошли в период с 1952 по 1965 гг. (Саваренский и др., 1966). Землетрясения на Суматре 26.12.2003 г. и 28.03.2004 г. – это, возможно, первые проявления будущей последовательности катастрофических событий.

Глобальные проявления геодинамических процессов могут иметь характер возмущений в ходе деформаций, которые подобны по форме в удаленных друг от друга регионах Земли и развиваются синхронно. В работе (Латынина и др., 2005) сделана попытка исследовать характер возмущений в ходе деформаций земной коры и выделить синхронные события в двух удаленных друг от друга зонах – на деформационных подземных станциях: Протвино в Подмоскowie и Баксан на Кавказе. Измерения выполнены высокочувствительными штанговыми и лазерными экстензометрами и наклономерами. Уровень возмущений деформаций в диапазоне периодов от 2 до 10 суток порядка $50 \cdot 10^{-9}$. Случаи синхронных изменений в обоих пунктах отмечаются, в частности перед сильнейшими землетрясениями в 2003–2004 гг.: на Суматре 26.12.2004 с магнитудой $M = 9.2$ и на о-ве Хоккайдо 25.09. 2003 с $M = 8.3$. Но они находятся в пределах уровня шумов. Для обнаружения предвестников землетрясений необходимо снизить уровень метеорологических, антропогенных и других экзогенных шумов. Эта

методическая задача представляет интерес для всех специалистов, занимающихся изучением современных движений земной коры, как геофизиков, анализирующих данные мониторинга деформаций, так и специалистов в области наземной и космической геодезии. Рассматриваются данные деформационной обсерватории Протвино, где ведется мониторинг деформационных и метеорологических процессов. Работают четыре штанговых экстензометра, по-разному ориентированные. База каждого из них 16–17 м. Разрешение по деформации при использовании цифровой регистрации около $5 \cdot 10^{-11}$. В обсерватории работают также две наклонмерные двухкомпонентные станции и комплект прецизионных метеорологических устройств (Латынина и др., 1997).

Деформационные сейсмограммы. Запись землетрясения на Суматре показана на рис. 1. Это запись в обсерватории Протвино экстензометрами в направлениях север-юг и восток-запад. На рисунке показаны моменты вступления разных групп волн. Параметры волновой картины одни и те же в разных направлениях.. В спектре сейсмических волн выделяются колебания с периодом 3–5 мин. Наиболее интенсивные поверхностные волны Лява LQ и Релея RQ приходят через 30–35 минут после начала землетрясения. Двойная амплитуда суммарной волны, максимальная в направлении север-юг, достигает величины $350 \cdot 10^{-9}$. Деформации при землетрясении в Хоккайдо, 25.09.2003 г. с магнитудой 8,3 и землетрясения на Алтае 27.09.2003 г. с магнитудой 7.3 были равны $20 \cdot 10^{-9}$ и $1.5 \cdot 10^{-9}$, соответственно. В спектре сейсмических колебаний землетрясения Суматры выделяются волны с периодами 10–15 минут. Длина таких волн – более 3000 км. По амплитуде волны деформаций и ее длине можно оценить смещение в волне. Для земной поверхности в районе Москвы оно оказывается равным нескольким сантиметрам. А для строений, в особенности высотных, эта величина в несколько раз больше. Вероятно, большие смещения земной поверхности при распространении длинно-периодических сейсмических волн могут быть выделены на записях стационарных GPS станций.

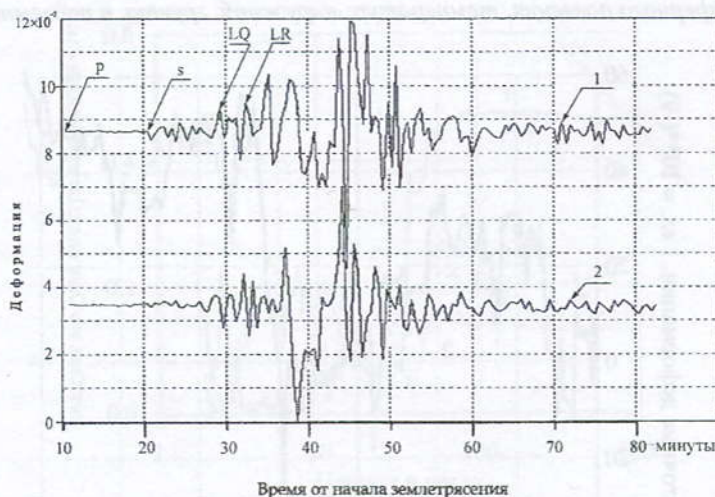


Рис. 1. Запись землетрясения 26.12.2003 г. на станции Протвино:

1 – компонента восток-запад; 2 – компонента север-юг.

Указаны вступления объемных и поверхностных волн.

Вступления волн синхронны для разных компонент.

Деформация дана в единицах 10^{-7}

Медленные деформации. На рис. 2 дан пример записи деформаций по направлению восток-запад за период 6 месяцев, с конца 2003 г. по май 2004 г. Высокочастотные колебания, видимые на записи, обусловлены земноприливными и суточными температурными процессами. Этот рисунок дает представление о характере наблюдаемого процесса при прецизионных измерениях. Задача настоящей работы состоит в том, чтобы путем компенсации влияния метеорологических факторов уменьшить

возмущения деформаций длительностью от 2 до 30 суток. Используемый метод деформационных измерений оптимален в этом диапазоне периодов. На фоне монотонного изменения деформации видны возмущения длительностью 20–30 суток с амплитудой порядка $50 \cdot 10^{-9}$. Интенсивное возмущение в период с декабря по февраль в 3 раза больше. Это изменение того же порядка величины, что и амплитуды волн при землетрясении на Суматре.

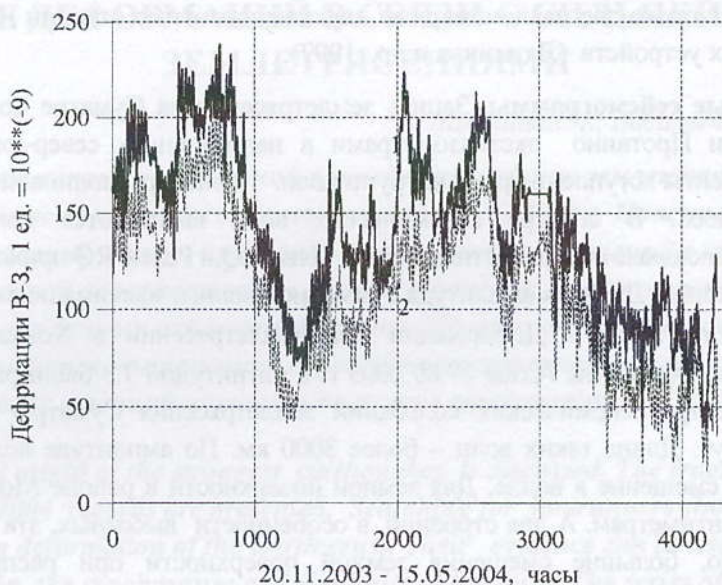


Рис. 2. Ход деформации на станции Протвино за 6 месяцев (кривая 1), ход деформации после компенсации атмосферного давления, температур: наружной, грунта, в подземном штреке (кривая 2)

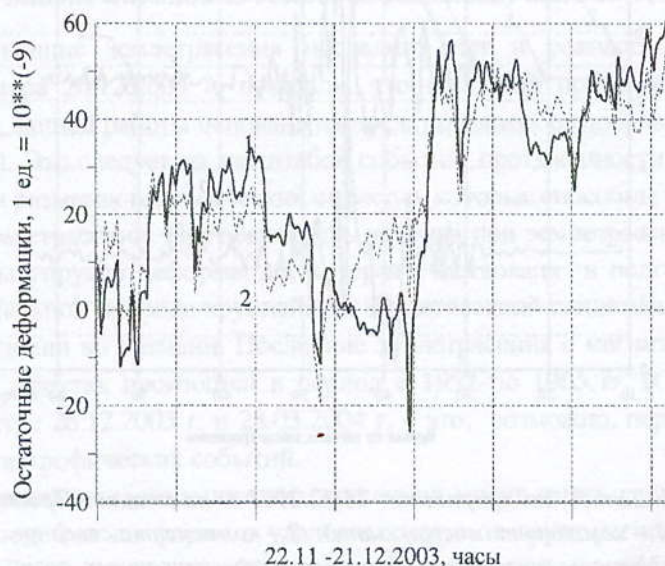


Рис. 3. Ход остаточных деформаций на станции Протвино за 1 месяц.

Из данных наблюдений исключены земные приливы (кривая 1). Остаточные деформации компенсированы за влияние атмосферного давления и наружной температуры (кривая 2)

На том же рисунке показаны деформации, компенсированные за влияние вариаций атмосферного давления, наружных и внутренних температур. Ожидаемого сглаживания кривой деформаций за счет компенсации метеорологических процессов не произошло. Компенсация уменьшила дисперсию деформаций лишь на 20 %. В среднем малое влияние метеорологических

факторов на полугодовом интервале подтверждает оценка квадрата модуля спектра когерентности, который не превышает 0.2. Это значит, что вклад деформаций метеорологического происхождения составляет по мощности не более 20 % от мощности деформационного сигнала. Качество расчетных методик не вызывает сомнений, так как они успешно применяются при анализе геофизических процессов (Любушин и др., 1993). Статистическая обработка в данном случае мало эффективна по той причине, что в течение года изменяется механизм деформаций метеорологической природы и процессы не являются стационарными. Более эффективной оказывается компенсация помех на коротких временных интервалах. На рис. 3 показан ход остаточных деформаций в течение месяца (кривая 1). Речь идет о деформациях, из которых исключены земноприливные колебания. Параметры земных приливов на станции Протвино определены для длительной серии наблюдений (Boyarsky et al, 2003). После компенсации влияния атмосферного давления и наружной температуры возмущение в диапазоне колебаний от 2 до 5 суток уменьшилось в 1.5–2.0 раза (кривая 2). В процессе работы исследовались эффекты фильтрации исходных рядов различными типами фильтров. Полосовые фильтры позволяют работать в интересующем нас диапазоне периодов, но искажают форму кривой. Наиболее приемлемым оказалось использование фильтров, применяемых при анализе земных приливов. Прилив снимается с учетом его спектральных параметров и остаточная часть деформаций без больших искажений отражает низкочастотные процессы. Компенсация метеорологических возмущений для отфильтрованных таким способом рядов наблюдений в диапазоне периодов до 10 суток составляет 20–30 %. На рис. 4 дан квадрат модуля спектра когерентности между вариациями деформаций и наружной температуры и вариациями деформаций и атмосферного давления. Для периодов, больше 2 суток, первая величина около 0.2, вторая больше 0.4. Таким образом, влияние вариаций атмосферного давления может быть значительным, его можно компенсировать на ограниченных интервалах времени.

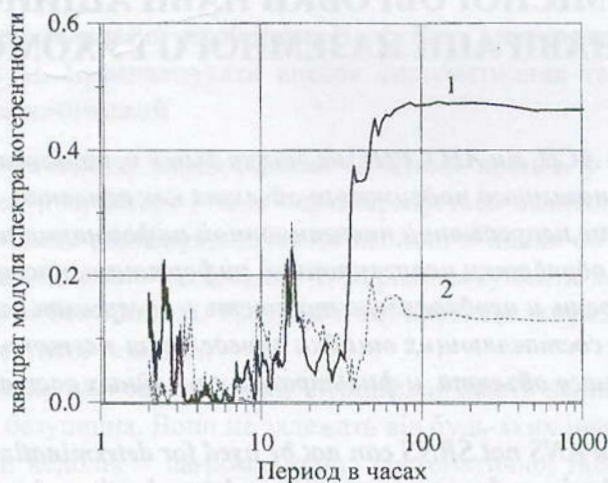


Рис. 4. Квадрат модуля спектра когерентности для интервала наблюдений – 1 месяц:
1 – деформации и атмосферного давления; 2 – деформации и наружной температуры

Заключение. Обсерватория Протвино относится по своей защищенности от метеорологических воздействий к деформационным станциям высокого класса. Методами компенсации влияния метеорологических факторов здесь удастся снизить уровень шумов на 20–30 %. Но ход деформации не имеет монотонного характера, он остается возмущенным. Необходимо исследовать природу этих возмущений, чтобы снять экзогенные помехи и выявить изменения тектонического происхождения. Искомые сигналы, связанные с сильными землетрясениями последних лет, если они существуют, не превышают уровня наблюдаемых шумов. Для станции Протвино это величина порядка $(30–50) \cdot 10^{-9}$. Более полная компенсация экзогенных факторов позволит снизить уровень помех и тем самым,

снизить порог чувствительности современных методов деформационных измерений к тектоническим возмущениям перед землетрясениями. Для изучения глобальных возмущений полей деформаций надо использовать максимально возможное количество станций. С увеличением сети деформационных станций будет возрастать статистическая значимость получаемых результатов.

1. Латынина Л.А., Боярский Э.А., Васильев И.М. и др. Наклономерные наблюдения на подмосковной станции Протвино // *Физика Земли*. – 1997. – № 11. – С. 86–93.
2. Латынина Л.А., Милуков В.К., Васильев И.М. О глобальных возмущениях деформаций земной коры перед сильнейшими мировыми землетрясениями // *Тр. 7-х Геофизических чтений им. В.В. Федынского*. – М., 2005.
3. Любушин А.А., Латынина Л.А. Компенсация метеорологических помех в деформометрических наблюдениях // *Физика Земли*. – 1993. – № 3. – С. 98–102.
4. Саваренский Е.Ф., Нерсесов И.Л., Кармалеева Р.М., Латынина Л.А. Длиннопериодные волны Алеутского землетрясения 4.11.1965 г., зарегистрированные кварцевыми экстензометрами // *Изв. АН СССР, Физика Земли*. – 1966. – 5. – С. 33–42.
5. Boyarsky E.A., Ducarme B., Latynina L.A., Vandercoilden L. An attempt to observe the Earth liquid core resonance with extensometers at Protvino observatory // *BIM*. – 2003. – Vol. 35. – P. 10987–11009.