

УДК 550.343.6+531.715.1+539.3

Землетрясение в провинции Ван (Турция) 23.10.2011 и связанные с ним наблюдения в Геофизической обсерватории ТНУ

В. А. Насонкин, О. В. Боборыкина

Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского,
Симферополь 95007.

E-mail: boborka14@mail.ru

Аннотация. Работа посвящается наиболее яркому региональному сейсмическому событию 2011 года — землетрясению в юго-восточной турецкой провинции Ван. На примере этого события описывается оригинальная методика анализа относительных литосферных деформаций, записанных лазерным интерферометром-деформографом Геофизической обсерватории ТНУ. Таким образом демонстрируется один из возможных подходов к решению проблемы регионального сейсмического прогнозирования.

Ключевые слова: литосферные деформации, лазерный интерферометр, землетрясение.

Исследования литосферных деформаций являются одним из наиболее перспективных путей получения информации о строении Земли, решения задач современной геодинамики, методов прогнозирования возможных землетрясений. Деформографические измерения получили в настоящее время широкое распространение. Деформографы используются для регистрации сейсмических волн, лунно-солнечных приливов, собственных колебаний Земли и движений, которые испытывает земная кора под влиянием эндогенных, экзогенных и антропогенных процессов.

Наблюдения за деформационными процессами в Геофизической обсерватории ТНУ ведутся с 1986 года. Приборная часть лазерного деформографа была создана и изготовлена сотрудниками Геофизической обсерватории ТНУ и прошла необходимые тестовые испытания в разных режимах наблюдения. Подобные наблюдения лазерными интерферометрами проводятся в России — группа В.К. Милюкова (ГАИШ МГУ) и группа Г.И. Долгих (ДВО РАН) и имеют характер сезонных экспедиционных наблюдений. В дальнем зарубежье исследования в данной области либо имеют закрытый статус (Германия, Италия), либо находятся в стадии становления (интерферометр LIGO США). Используют лазерные интерферометры в геофизических наблюдениях и в Японии [1].

В 2011 году в Геофизической обсерватории Таврического национального университета им. В.И. Вернадского были продолжены мониторинговые измерения литосферных деформаций. В качестве основного инструментального средства применялся равноплечный лазерный интерферометр-деформограф [2] — [4].

Одним из приоритетных направлений многолетних исследований является анализ взаимосвязи изучаемых деформационных литосферных процессов и региональной сейсмичности.

Самым значительным сейсмическим событием ближней зоны в прошедшем году было разрушительное землетрясение в юго-восточной турецкой провинции Ван магнитудой 7,2, которое произошло 23 октября в 20:45 по UTC (координаты эпицентра: $38,72^\circ$ с.ш., $43,51^\circ$ з.д.) [5].

На рисунке 1 приведена запись литосферных деформаций данного события, зарегистрированная лазерным интерферометром.

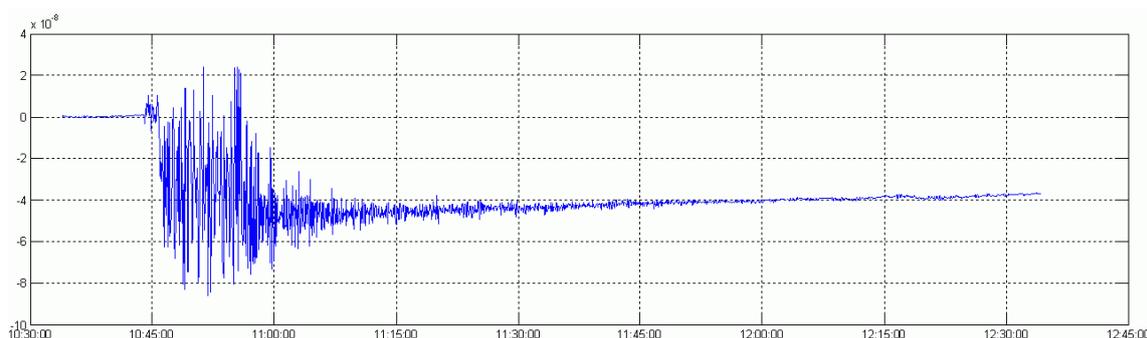


Рис. 1. Относительные литосферные деформации, вызванные землетрясением в турецкой провинции Ван, произошедшим 23 октября 2011 г. Зарегистрировано лазерным интерферометром-деформографом

Для разработки подходов к решению прогностических проблем, связанных с готовящимися в регионе землетрясениями, нами на протяжении последних нескольких лет используется оригинальная методика, разработанная сотрудниками Геофизической обсерватории [6] – [9].

Кратко метод описывается следующей совокупностью действий. Диапазон частот (или периодов, что по сути одно и то же), содержащий последовательность первых, наиболее длиннопериодных, сейшей Чёрного моря, разбивается на несколько интервалов. Критерий разбиения — в каждом интервале находится хотя бы одна мода собственных колебаний моря.

Экспериментальные деформационные ряды делятся на последовательные сегменты одинаковой длительности. Обычно соседние реализации "пересекаются" друг с другом на величину от четверти до трети своей продолжительности. Это вызвано тем, что при вычислении спектральных оценок используют весовые функции, которые кардинально уменьшают вклад начальных и конечных фрагментов каждой из реализаций. Единая длина для каждого сегмента выбирается из расчёта получить значимые оценки спектральной плотности мощности (СПМ) в интервале с максимальными значениями периодов спектральных гармоник.

После предобработки каждой реализации, которая состоит из прореживания (децимации), компенсации локального тренда, исключения наиболее интенсивных

приливных гравитационных гармоник, и полосовой фильтрации, выполняется числовой спектральный анализ. Вычисляются суммарные значения СПМ в каждом из вышеупомянутых интервалов частот, результаты запоминаются как значения функции времени, в качестве аргумента которой выбираются моменты, соответствующие срединной части исходной реализации.

Далее процесс повторяется для следующего сегмента данных. В результате получаем столько временных последовательностей, сколько диапазонов периодов было запланировано.

Полученные результаты интерпретируются следующим образом. Чем спокойней был сигнал в данном диапазоне в соответствующий период времени, тем меньше значение соответствующей оценки СПМ. И наоборот — чем интенсивней протекали деформационные процессы в исследуемом диапазоне частот, тем больше значение полученной функции в соответствующие интервалы времени.

Серия рисунков с номерами 2, 4, 6, 8, 10 представляет графики зависимости СПМ от времени в десяти диапазонах, полученные из деформационных данных лазерного интерферометра. Не трудно убедиться, что в большей части функций кривые резко шли вверх на промежутках, непосредственно предшествовавших моменту упоминавшегося землетрясения. Отсутствие такой закономерности для последовательностей СПМ из интервалов 11,90h - 14,40h и 9,60h - 11,65h мы поясняем тем, что в этих диапазонах периодов размещаются полусуточные лунно-солнечные гармоник гравитационных периодов, которые в данном временном масштабе можно охарактеризовать как "стационарные" процессы. Эта интерпретация подкрепляется негладкой формой этих двух кривых, т.е. полусуточные гармоник эффективным образом генерируют своеобразные биения. В качестве масштаба по вертикали на всех графиках используются (отн. деф.) $2/\text{Гц}$.

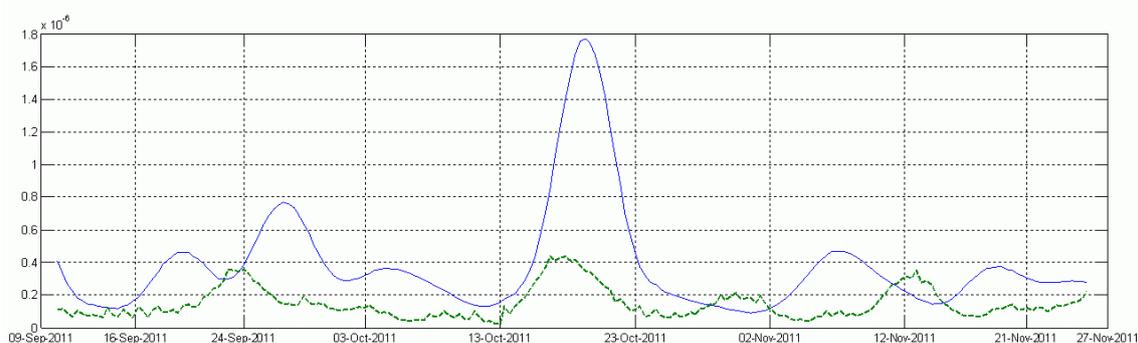


Рис. 2. Изменение со временем СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 14.79 - 21.05 часов (показано сплошной линией); 11.90 - 14.40 часов (показано пунктирной линией)

На рисунках 3, 5, 7, 9, 11 представлены графики текущих разностей (первых производных) СПМ. Такой взгляд на исходные процессы позволил выявить дополнительные особенности в поведении кривых, происходившие в канун землетрясения.

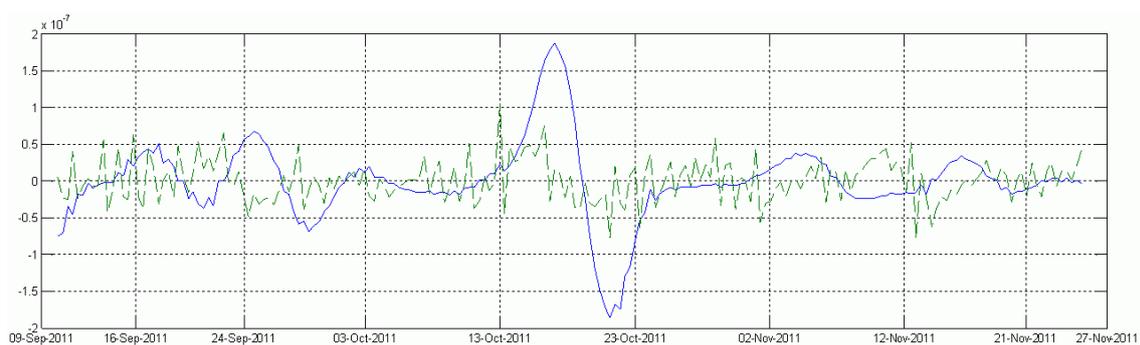


Рис. 3. Изменение со временем текущей разности СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 14.79 - 21.05 часов (показано сплошной линией); 11.90 - 14.40 часов (показано пунктирной линией)

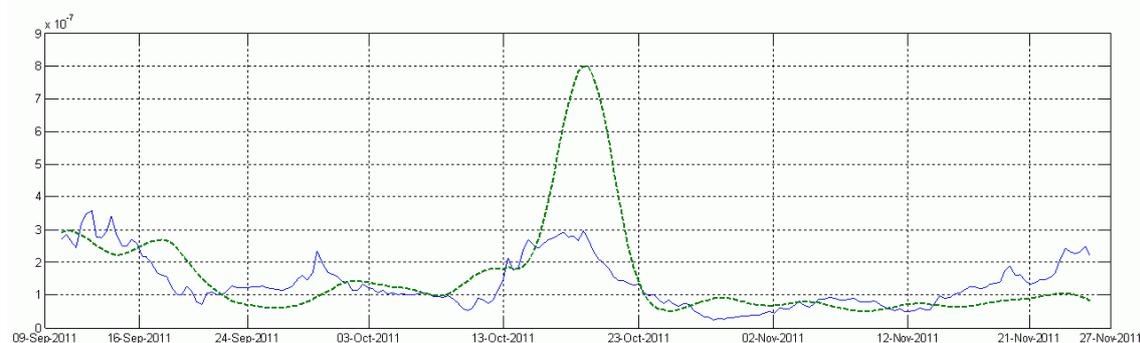


Рис. 4. Изменение со временем СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 9.60 - 11.65 часов (показано сплошной линией); 7.82 - 9.44 часов (показано пунктирной линией)

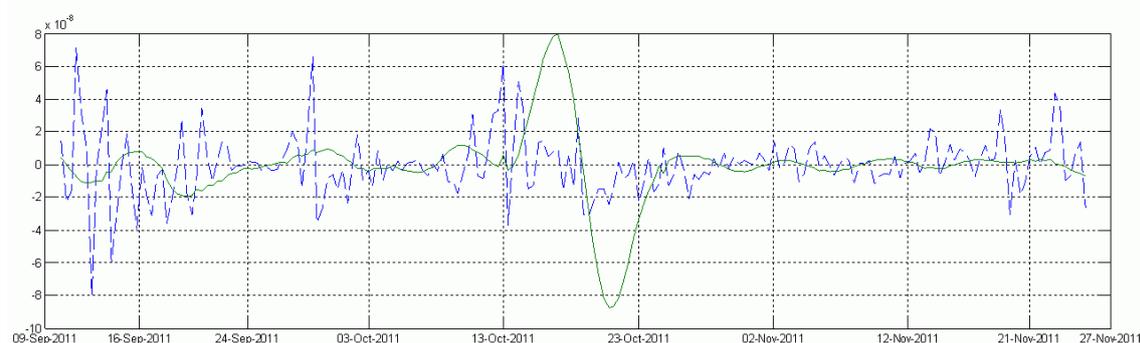


Рис. 5. Изменение со временем текущей разности СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 9.60 - 11.65 часов (показано пунктирной линией); 7.82 - 9.44 часов (показано сплошной линией)

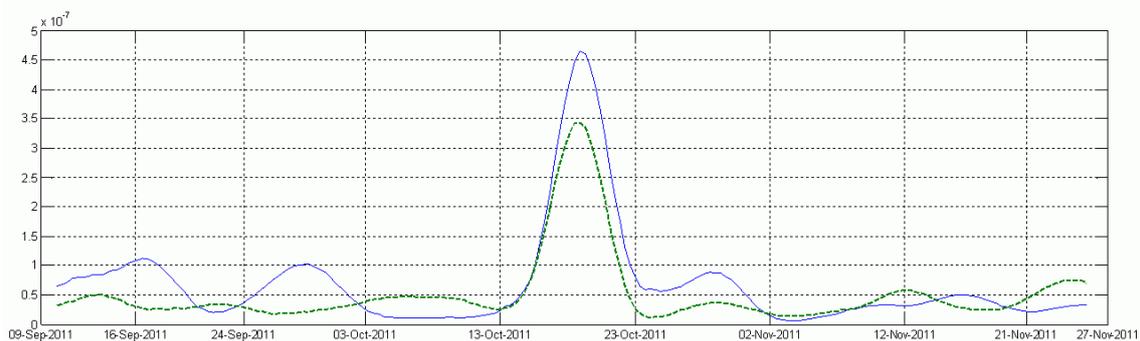


Рис. 6. Изменение со временем СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 6.84 - 7.71 часов (показано сплошной линией); 6.08 - 6.76 часов (показано пунктирной линией)

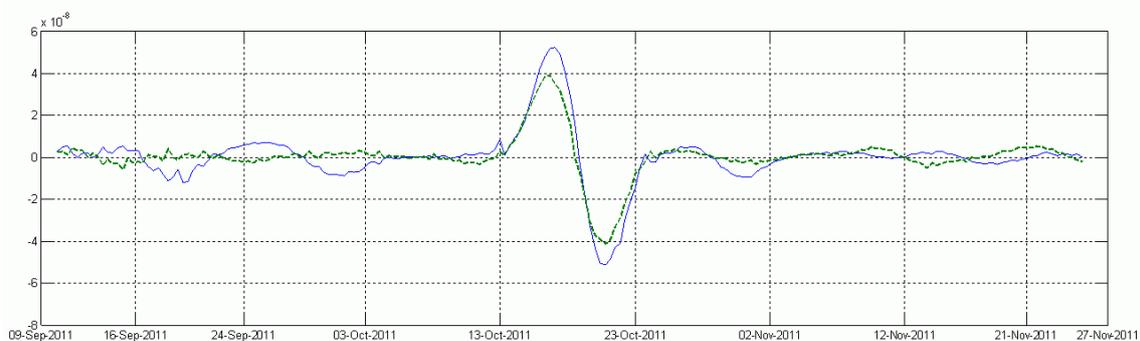


Рис. 7. Изменение со временем текущей разности СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 6.84 - 7.71 часов (показано сплошной линией); 6.08 - 6.76 часов (показано пунктирной линией)

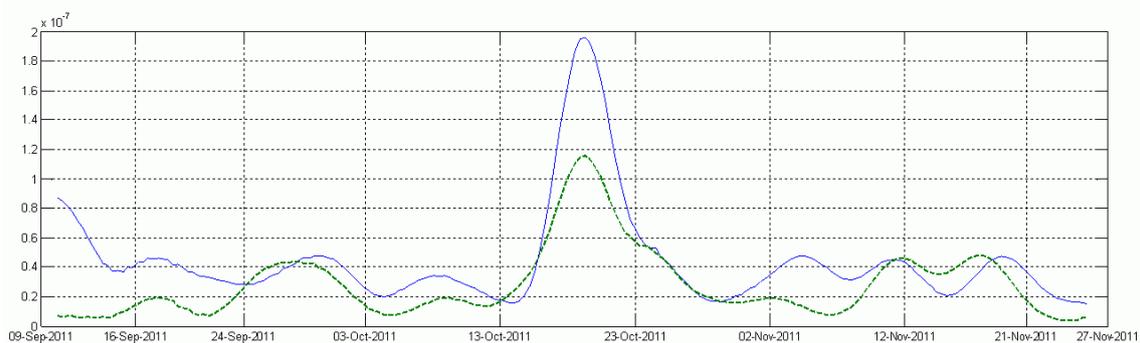


Рис. 8. Изменение со временем СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 5.31 - 6.02 часов (показано сплошной линией); 4.93 - 5.26 часов (показано пунктирной линией)

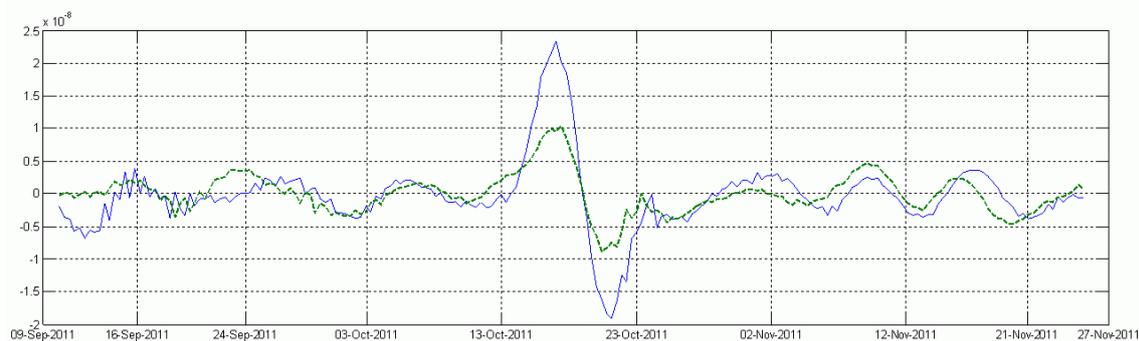


Рис. 9. Изменение со временем текущей разности СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 5.31 - 6.02 часов (показано сплошной линией); 4.93 - 5.26 часов (показано пунктирной линией)

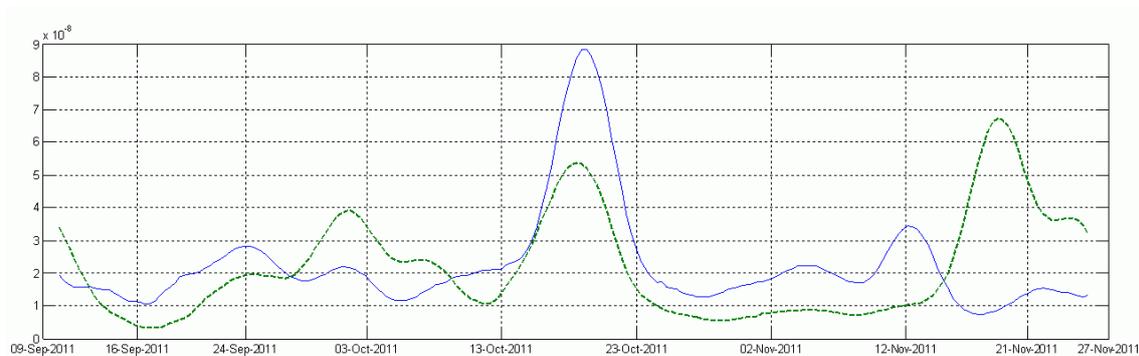


Рис. 10. Изменение со временем СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 4.56 - 4.89 часов (показано сплошной линией); 4.21 - 4.52 часов (показано пунктирной линией)



Рис. 11. Изменение со временем текущей разности СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 4.56 - 4.89 часов (показано сплошной линией); 4.21 - 4.52 часов (показано пунктирной линией)

По нашему мнению, резкий рост значений в зависимостях СПМ от времени однозначно можно трактовать как признак возможных региональных сейсмических событий.

Список цитируемых источников

1. *Ando, M., Arai, K., Takahashi, R., et al.* Stable operation of a 300-m laser interferometer with enough sensitivity to detect gravitational wave events within our galaxy // *Phys. Rev. Lett.* — 2001. — V.86 (N18). — pp. 3950-3954.
2. *Нестеров В.В.* Большебазовые лазерные интерферометры в геофизических исследованиях. — Симферополь: Таврия, 1996. — 285 с.
3. *Геофизическая обсерватория (Структурные подразделения Таврического национального университета им. В. И. Вернадского)* Режим доступа. — http://www.crimea.edu/tnu/str_praz/observatory/index.htm.
4. *Боборыкина О.В., Насонкин В.А., Панков Ф.Н.* 25 лет геофизическим исследованиям в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского // *Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 год.* — Севастополь. — НПЦ "ЭКОСИ-Гидрофизика". — 2011. — С. 189-199.
5. *Earthquake Search. U.S. Geological Survey Web-page* Page URL. — <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/>.
6. *Боборыкина О.В., Насонкин В.А.* О возможности краткосрочного прогноза землетрясений на примере записей лазерных интерферометров-деформографов // *Учёные записки ТНУ. Серия "Физика"*. — 2002. — Том 14 (53). — №1. — С. 86-93.
7. *Боборыкина О.В., Насонкин В.А.* К вопросу о возможности выработки краткосрочного прогноза землетрясений на примере записей лазерного интерферометра-деформографа // *Сейсмологический бюллетень Украины за 1999 год.* — Симферополь. — 2001. — С. 90-95.
8. *Боборыкина О., Насонкин В.* Попытка краткосрочного прогноза землетрясения на примере черноморского события от 07.05.08г. // *Матеріали наукової конференції Наукова конференція "Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища Львів, 6-10 жовтня.* — Львів. — 2008. — С. 80.
9. *Насонкин В.А., Боборыкина О.В.* Региональное сейсмическое прогнозирование // *Динамические системы.* — 2009. — Вып. 26. — С. 63-67.

Получена 30.09.2011