

Боборыкина О.В.¹,
Насонкин В.А.¹,
Панков Ф.Н.²

Об одном из аспектов деформационных наблюдений в Геофизической обсерватории ТНУ

¹Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Геофизическая обсерватория, г. Симферополь

²Отдел сейсмологии Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Симферополь

Аннотация. Данная работа содержит некоторые результаты геодинамического мониторинга, проводимого на стационарной интерферометрической станции Геофизической обсерватории Таврического национального университета им. В.И. Вернадского (бухта Казачья, г. Севастополь). Проведено сопоставление приливных литосферных деформаций и момента сильнейших землетрясений, произошедших в 2012 году.

Ключевые слова: литосферные деформации, лазерный интерферометр- деформограф, землетрясение.

Введение

Проблема объяснения причин возникновения землетрясений актуальна для современной науки на протяжении многих десятилетий. Было выдвинуто множество гипотез и теорий, но говорить о приемлемом решении не приходится, поскольку основным критерием истинности предлагаемого объяснения, безусловно, является способность делать прогностические выводы на основе модели механизма готовящегося землетрясения.

Материалы и методы

Объект исследования – литосферные деформационные процессы.

Цель работы – анализ результатов исследований, полученных в Геофизической обсерватории Таврического национального университета имени В.И. Вернадского в 2012 году.

Метод исследования – творческая обработка и анализ полученных с помощью лазерного интерферометра-деформографа геофизических данных.

Одной из главных задач проводимых исследований является изучение долговременных литосферных процессов с целью выявления их закономерностей. В качестве основного инструментального средства используется равноплечный лазерный интерферометр-деформограф [1-7].

В 2012 году в мире произошло свыше 11 000 землетрясений магнитудой от 1-х и выше. Из них – 74 с магнитудой 6,0 и выше. 5 – с магнитудой 7,0 и выше. 2 – с магнитудой свыше 8-ми. Самым мощным сейсмическим событием года является землетрясение с магнитудой – 8,6 (11.04.2012. 08^h38^m36.72^s по UTC; N2,33^o E93.06^o N - 20, Западное побережье Северной Суматры) (UTC – Всемирная координирующая служба времени – стандарт, по которому общество синхронизирует время.) [8].

Если поставить перед собой задачу определить некие базовые, общие для абсолютного большинства из происходящих на Земле землетрясений причины, то имеет смысл обратиться к таким явлениям природы, которые воспроизводятся регулярно и обладают большим энергетическим потенциалом.

С этой точки зрения кандидатом номер один для изучения являются гравитационные приливные литосферные деформации. Трудно назвать ещё какое-либо природное явление на нашей планете, обладающее сопоставимой регулярностью и всеобъемлющим проникновением в земные недра. Известно, что приливные силы зависят не от величины гравитационного поля, а от степени его неоднородности.

С другой стороны, в течение более чем двух десятков лет в Геофизической обсерватории ТНУ проводятся исследования литосферных деформаций посредством

уникального прибора – равноплечего лазерного интерферометра-деформографа. Важнейшей характеристикой данного устройства является «плоская» амплитудно-частотная восприимчивость к входному сигналу. Кроме того, к конструктивным особенностям Севастопольского прибора относится его исполнение в виде двух взаимно перпендикулярных, равных друг другу плеч. Измеряемой величиной является разность между относительными литосферными деформациями в этих плечах. Поэтому, строго говоря, прибор скорее относится к тензомерам, т.е. измеряет изменяющуюся во времени компоненту тензора деформаций среды, в которой расположен измерительный объём комплекса. Выбранное конструктивное решение позволяет с высокой эффективностью устранить из конечного сигнала барическое влияние изменений погодных условий.

Выходной сигнал программно-аппаратного комплекса перед выполнением аналитических процедур подвергается ряду преобразований. Прежде всего, проводится децимация (сжатие) с одновременным устранением разрывов непрерывности, вызванных переходом системы слежения за минимумом интенсивности, из текущей интерференционной полосы в соседнюю. Далее вычисляется оптимальная аппроксимация тренда, которая затем поточечно вычитается из полученной ранее числовой последовательности.

На финальном этапе цифровые данные обрабатываются предварительно синтезированными по оригинальной методике узкополосными фильтрами. На рисунках 1 – 3 представлены результирующие последовательности, описывающие поведение литосферных деформаций в трёх смежных частотных диапазонах: колебания в окрестности 12-ти часового приливного мультиплета, колебания в окрестности 24-ти часового приливного мультиплета и колебания с характерными периодами в интервале от 25 до 70 часов.

Прокомментируем распределение во времени моментов землетрясений. Можно выделить, на наш взгляд, шесть условных групп, которые пронумеруем числами от 1 до 6 (см. табл. 1) [8, 9]. В первую включим события, произошедшие с 17-го по 24 июня. Вторая состоит из трёх событий, произошедших 29-го июня, 3-го и 6-го июля. Третью группу образуют восемь землетрясений, попавших в интервал от 20-го июля до 2-го августа. Четвёртую группу составим из событий, произошедших с 10-го по 19-е августа. В пятую группу включим толчки, попадающие в диапазон от 26-го августа до 14-го сентября. Наконец, шестая группа содержит землетрясения из интервала от 25-го сентября до 20-го октября.

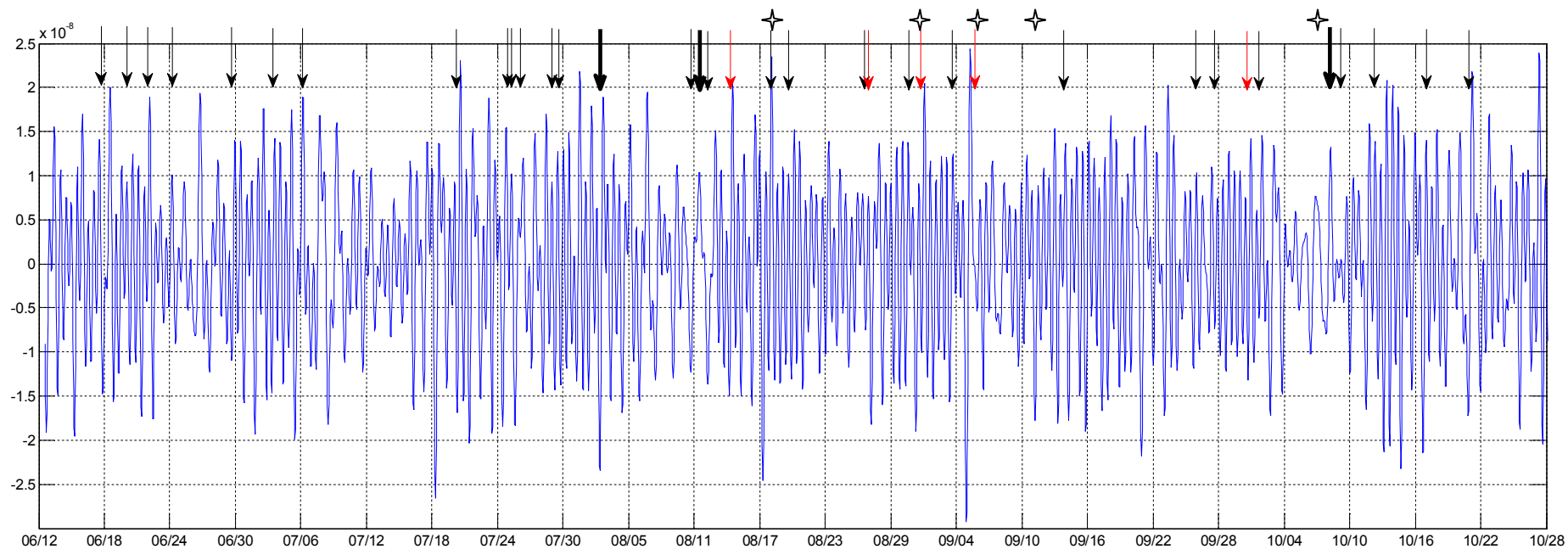
На рисунках 1 – 3 моменты землетрясений отмечены стрелками. Стрелки, нарисованные в «акцентированной» манере, соответствуют «двойным» событиям, т.е. в таких случаях в выбранном масштабе невозможно различить между собой эти события.

Для визуального сопоставления зарегистрированных деформаций и моментов землетрясений более всего подходит диапазон полусуточных колебаний, представленный рисунком 1. Это связано с тем, что гравитационные приливные силы в этом частотном диапазоне наиболее интенсивные по сравнению с подобными влияниями в других частотных интервалах.

Выбранная запись характеризуется набором «волновых пакетов» – проежектов времени, в течение которых частоты и амплитуды колебаний меняются значительно медленнее, чем при взаимном сравнении этих параметров на более длительных временах. Затруднительно выделить такую амплитудно-частотную «пакетную структуру» на рисунке 3. Причина такого отличия состоит в том, что основной вклад в деформации, представленные на рисунках 1 и 2, вносят приливные процессы, вызванные Луной и Солнцем, т.е. детерминированные, периодические процессы.

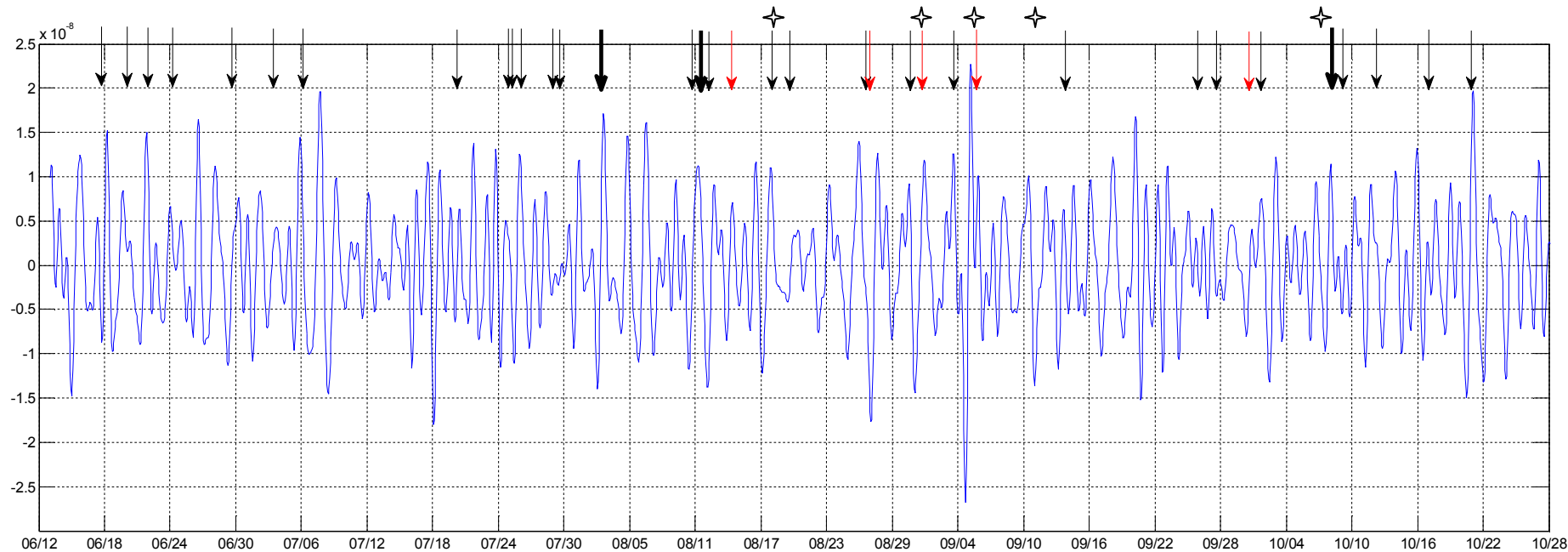
Итак, если обратиться к рисунку 1, бросается в глаза, что землетрясения из групп 1 и 2 хорошо соотносятся с «пакетной структурой» деформационной записи. Более протяжённая во времени третья группа событий синхронна с почти объединившимися двумя волновыми пакетами.

Четвёртая группа оказывается распределённой между двумя пакетами. Интересно, что начальная (компактная) часть землетрясений этой группы приходится на промежуток доминирования условно медленных деформаций (малых частот). Аналогично расположена относительно деформационной кривой срединная часть событий из 6-й группы.



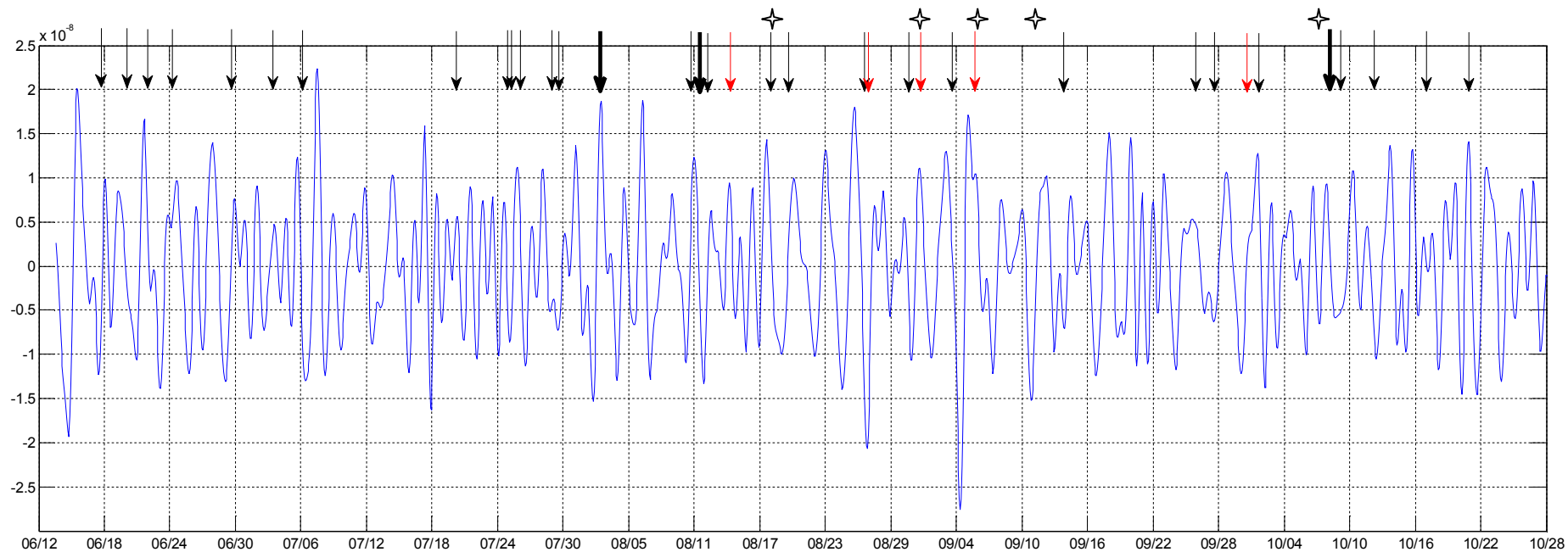
Полусуточный диапазон колебаний. Сезон 2012 г. По вертикали – единицы относительных деформаций. Стрелками и стрелками со звездочкой отмечены моменты землетрясений. Стрелками – магнитудой от 6,0 до 6,99. Стрелками со звездочкой – магнитудой от 7,0.

Рис. 1. Литосферные деформации, порождаемые лунно-солнечными гравитационными воздействиями, зарегистрированы интерферометром-деформографом в бухте Казачьей (Севастополь).



Суточный диапазон колебаний. Сезон 2012 г. По вертикали – единицы относительных деформаций. Стрелками и стрелками со звёздочкой отмечены моменты землетрясений. Стрелками – магнитудой от 6,0 до 6,99. Стрелками со звёздочкой – магнитудой от 7,0.

Рис. 2. Литосферные деформации, порождаемые лунно-солнечными гравитационными воздействиями, зарегистрированы интерферометром-деформографом в бухте Казачьей (Севастополь).



Периоды колебаний превышают сутки. Сезон 2012 г. По вертикали – единицы относительных деформаций. Стрелками и стрелками со звёздочкой отмечены моменты землетрясений. Стрелками – магнитудой от 6,0 до 6,99. Стрелками со звёздочкой – магнитудой от 7,0.

Рис. 3. Литосферные деформации, порождаемые лунно-солнечными гравитационными воздействиями, зарегистрированы интерферометром-деформографом в бухте Казачьей (Севастополь).

Таблица 1.

Характеристики землетрясений, отобранных для анализа

М	□°	□°	Н, км	Регион	Дата, время, группа
6,3	38,894	141,946	31,8	вост. побережье о-ва Хонсю	17.06.12 20:32 (1)
6,0	53,392	171,635	20,9	о-ва Ближние (Алеуты)	19.06.12 15:56 (1)
6,0	-54,302	158,727	9,9	в районе о-ва Маккуори	22.06.12 4:31 (1)
6,1	57,601	163,218	17,4	у побережья Камчатки	24.06.12 3:15 (1)
6,3	43,444	84,725	18,0	сев. Хинган, Китай	29.06.12 21:07 (2)
6,3	-39,963	173,705	236,1	зап. побережье о-ва Северного (Новая Зеландия)	03.07.12 10:36 (2)
6,3	-14,664	167,357	162,7	район о. Вануату	06.07.12 2:28 (2)
6,0	49,418	155,935	22,7	Курильские о-ва	20.07.12 6:10 (3)
6,4	2,657	96,126	22,0	Сев. Суматра (Индонезия)	25.07.12 0:27 (3)
6,4	-9,721	159,730	22,9	Соломоновы о-ва	25.07.12 11:20 (3)
6,7	-17,590	66,390	20,0	район Маврикий-Реюньон	26.07.12 5:33 (3)
6,5	-4,655	153,159	41,2	район Новой Ирландии (Папуа Новая Гвинея)	28.07.12 20:03 (3)
6,0	14,339	-92,364	35,5	побережье Чьяпас (Мексика)	29.07.12 12:22 (3)
6,1	-8,379	-74,245	143,3	район погр. области - Перу - Бразилия	02.08.12 9:38 (3)
6,1	-4,706	153,228	70,6	район Новой Ирландии (Папуа - Новая Гвинея)	02.08.12 9:56 (3)
6,2	52,630	-167,520	10,0	Лисьи о-ва (Алеуты)	10.08.12 18:37 (4)
6,4	38,322	46,888	9,9	погр. область Армения - Азербайджан - Иран	11.08.12 12:23 (4)
6,3	38,324	46,759	9,8	погр. область Армения - Азербайджан - Иран	11.08.12 12:34 (4)
6,3	35,690	82,590	10,0	Тибет	12.08.12 10:47 (4)
7,7	49,784	145,126	625,9	Охотское море	14.08.12 2:59 (4)
6,3	-1,219	120,095	10,0	Сулавеси (Индонезия)	18.08.12 9:41 (4)
6,1	-4,780	144,560	80,0	сев. побережье Папуа – Новая Гвинея	19.08.12 22:41 (4)
6,6	2,231	126,865	69,7	север Молуккского моря	26.08.12 15:05 (5)
7,2	12,279	-88,530	20,0	у побережья Центральной Америки	27.08.12 4:37 (5)
6,8	71,461	-10,919	9,9	район о-ва Ян-Майен	30.08.12 13:43 (5)
7,5	10,828	126,677	33,0	район Филиппинский о-вов	31.08.12 12:47 (5)
6,7	-10,750	114,180	10,0	южнее о-ва Бали (Индонезия)	03.09.12 18:23 (5)
7,6	10,120	-85,347	40,8	Коста-Рика	05.09.12 14:42 (5)
6,3	-3,350	100,710	33,0	Южная Суматра (Индонезия)	14.09.12 4:51 (5)
6,2	24,810	-110,290	10,0	Нижняя Калифорния (Мексика)	25.09.12 23:45 (6)
7,7	49,784	145,126	625,9	Охотское море	14.08.12 2:59 (4)
6,5	51,570	-178,190	9,9	Андреевские о-ва (Алеуты)	26.09.12 23:39 (6)
7,0	1,960	-76,370	150,0	Колумбия	30.09.12 16:31 (6)
6,3	39,960	143,160	20,0	вост. побережья Хонсю (Япония)	01.10.12 22:21 (6)
6,0	25,280	-109,300	10,0	Калифорнийский залив	08.10.12 6:26 (6)
6,4	-4,730	129,270	33,0	море Банда	08.10.12 11:43 (6)
6,2	-60,910	154,200	10,0	зап. о-ва Маккуори	09.10.12 12:32 (6)
6,7	-4,842	134,085	24,7	район зап. Ириана (Индонезия)	12.10.12 0:31 (6)
6,0	4,280	124,530	300,0	Целебесское море	17.10.12 4:42 (6)
6,0	-13,480	166,420	33,0	о-ва Вануату	20.10.12 23:00 (6)

Распределённая во времени и наиболее интенсивная с точки зрения выделившейся энергии пятая группа землетрясений приходится на промежуток с нечётко выраженной пакетной структурой деформаций. Однако заметим, что до и на протяжении этого интервала частота колебаний литосферных деформаций в полусуточном диапазоне менялась незначительно.

Итак, чёткого, взаимно однозначного соответствия между формой деформационных кривых и распределением во времени моментов сильнейших землетрясений на фрагментах представленных наблюдений нет. Но, во-первых, трудно ожидать, что взаимосвязь между такими сложными явлениями, при её объективном существовании, окажется столь просто наблюдаемой. Во-вторых, на наш взгляд, прослеживается следующая закономерность. Группы сильных землетрясений накладываются на интервалы «монохромности» 12-ти часового мультиплета гравитационных приливных литосферных деформаций.

Результаты и обсуждение

На основании оригинальных алгоритмов цифровой обработки сигналов были получены отфильтрованные в узком частотном диапазоне последовательности данных, соответствующие литосферным деформациям, вызываемым гравитационным влиянием Луны и Солнца. Эти ряды сопоставлялись с моментами землетрясений, происходивших на Земле и имевших магнитуду от 6 и более.

Сравнение особенностей этих последовательностей между собой позволяет обоснованно предположить, что в качестве спускового механизма возникновения землетрясений можно предложить приливные деформации литосферы Земли. Для окончательного подтверждения или опровержения этого тезиса необходимы многомесячные прецизионные измерения.

Литература

1. Нестеров В.В. Большебазовые лазерные интерферометры в геофизических исследованиях/ Нестеров В.В.- Симферополь : Таврия, 1996. – 285 с.
2. Геофизическая обсерватория (Структурные подразделения Таврического национального университета им. В. И. Вернадского) [Электронный ресурс] / [Официальный сайт Таврического Национального университета им. В.И.Вернадского <http://www.tnu.crimea.ua/>] - 2012.- Режим доступа : http://www.crimea.edu/tnu/str_praz/observatory/index.htm
3. Боборыкина О. В. 25 лет геофизическим исследованиям в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского/ О. В. Боборыкина, В. А. Насонкин, Ф. Н. Панков// Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 год. – Севастополь : НПЦ "ЭКОСИ-Гидрофизика", 2011 – С.189-199.
4. Боборыкина О.В. К вопросу о возможности выработки краткосрочного прогноза землетрясений на примере записей лазерного интерферометра-деформографа/ Боборыкина О.В., Насонкин В.А.// Сейсмологический бюллетень Украины за 1999 год. – Симферополь, 2001. – С. 90-95.
5. Боборыкина О.В. О возможности краткосрочного прогноза землетрясений на примере записей лазерных интерферометров-деформографов/ Боборыкина О.В., Насонкин В.А.// Учёные записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Физика». – 2002. – Т.14(53), №1. – С. 86-93.
6. Боборыкина О. Попытка краткосрочного прогноза землетрясения на примере черноморского события от 07.05.08 г./ Боборыкина О., Насонкин В.// Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища: наукова конференція, Львів, 6-10 жовтня 2008 р.: мат. конф. – Львів, 2008. - С. 80.
7. Насонкин В.А. Региональное сейсмическое прогнозирование/ Насонкин В.А., Боборыкина О.В.// Динамические системы. – 2009. – Вып. 26. – С. 63-67. – ISSN 0203-3755.
8. Earthquake Search [Web-page]/ [U.S. Geological Survey Web-page]. - Page URL: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/>
9. Последние землетрясения по данным ССД [Электронный ресурс]/ [Веб-сайт Геофизической службы Российской Академии Наук (<http://www.ceme.gsras.ru/>)].- Режим доступа: <http://www.ceme.gsras.ru/>

Анотація. О.В. Боборикина, В.О. Насонкин, Ф.М. Панков **Про один з аспектів деформаційних спостережень в Геофізичній обсерваторії ТНУ.** Дана робота містить деякі результати геодинамічного моніторингу, проведеного на стаціонарній інтерферометричній станції Геофізичної обсерваторії Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського (бухта Козача, м. Севастополь). Проведено зіставлення приливних літосферних деформацій і моменту найсильніших землетрусів, що сталися в 2012 році.

Ключові слова: деформації літосфери, лазерний інтерферометр-деформогра, землетрус.

Abstract. O.V. Boborykina, A.A. Nasonkin, F. N. Pankov. **About one of aspects of deformation supervisions in the Geophysical observatory of TNU.** This paper presents some results of geodynamic monitoring carried out on a stationary interferometric station Geophysical Observatory Tauride National V.I. Vernadsky University (Cossack Bay, Sevastopol). A matching of tidal lithospheric strains and the time of strongest earthquakes in 2012 is made.

Keywords: lithospheric deformation, laser interferometer, an earthquake.

Поступила в редакцію 01.12.2012.