

УДК 550.343.6 + 531.715.1 + 551.2.3. (477.75) + 539.3

## ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ТНУ В 2011 ГОДУ

*Боборыкина О. В.<sup>1</sup>, Насонкин В. А.<sup>1</sup>, Панков Ф. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: b0b04ka14@mail.ru*

<sup>2</sup>*Отдел сейсмологии Института геофизики им.С.И. Субботина Национальной академии наук  
Украины, Симферополь, Украина  
E-mail: catspride@mail.ru*

Работа посвящена наблюдениям за геодинамическими процессами в Крымско-Черноморском регионе средствами лазерной интерферометрии Геофизической обсерватории ТНУ в 2011 году. Отмечаются наиболее яркие сейсмические события этого периода - землетрясение в Японии и, значимое для нашего региона, - в Турции. На примере последнего демонстрируется оригинальная методика прогноза регионального землетрясения.

**Ключевые слова:** литосферные деформации, лазерный интерферометр, землетрясение.

### ВВЕДЕНИЕ

Природа и проблема прогноза землетрясений всё ещё является нерешённой и состоит, в основном, в регистрации сейсмического события, накоплении статистического материала и попыток выявления предвестниковых явлений по полученным данным.

Согласно материалам Государственной службы геологических исследований США (USGS) в 2011 году в мире произошло более 20 000 значимых сейсмических событий, из них – 19 землетрясений со значением магнитуды от 7 и выше.

С точки зрения сейсмических событий 2011 год является обычным годом для Крымско-Черноморского региона. Случилось около 60 более-менее ощутимых землетрясений. Наиболее яркие события – 17 марта в Черноморской впадине,  $K=10,8$ ; 26 августа в Черном море (район Судака),  $K=9,3$ ; 9 сентября в Чёрном море (район Ялты, Симеиз),  $K=9,5$ ; 29 ноября в Чёрном море,  $K=10,5$ . Замечена активизация сейсмических событий в Севастопольском районе и также два небольших землетрясения в нехарактерном районе – выше Евпатории, п-ов Тарханкут (по данным Отдела сейсмологии Института Геофизики НАНУ).

В ближней зоне отмечено более 200 сейсмических событий – Румыния, Западный Кавказ и Турция. В Западной Турции наблюдалась сейсмическая активность – более 100 землетрясений с максимальной магнитудой – 5,7.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В 2011 году в Геофизической обсерватории Таврического национального университета имени В.И. Вернадского были продолжены мониторинговые измерения литосферных деформаций. В качестве основного инструментального средства применялся равноплечный лазерный интерферометр-деформограф [1, 2, 3].

На рисунке 1 изображена кривая тренда геодинамики Крымско-Черноморского региона в 2011 году.

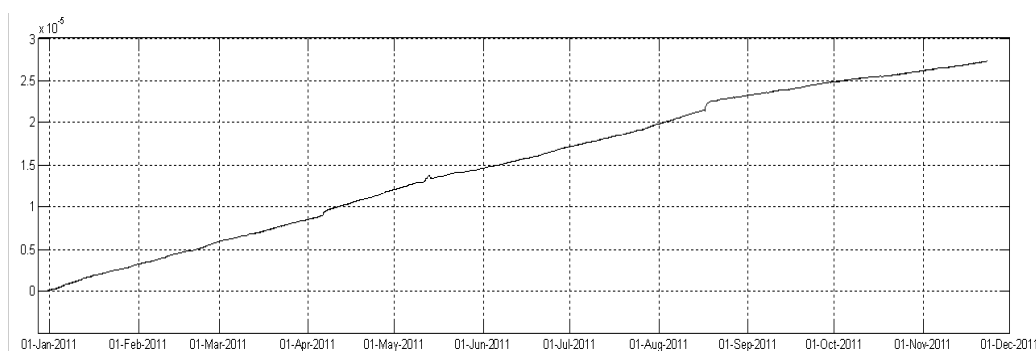


Рис.1. Общий вид относительных литосферных деформаций, зарегистрированных лазерным интерферометром-деформографом в 2011 году.

Самым катастрофическим сейсмическим событием года, безусловно, является землетрясение, случившееся 11 марта в 05<sup>h</sup>46<sup>m</sup>23<sup>s</sup> UTC в западной части Тихого океана, восточнее острова Хонсю. Координаты эпицентра: 38,32° с. ш., 142,37° в. д, с магнитудой 9. Ему предшествовала серия форшоков (самый мощный – 9 марта с магнитудой 7,2) и последующая серия афтершоков с магнитудой от 7 до 7,4 (три события) и меньших значений – всего около 400. Землетрясение получило имя собственное – Великое восточно-японское землетрясение. (Рис. 2, 3).

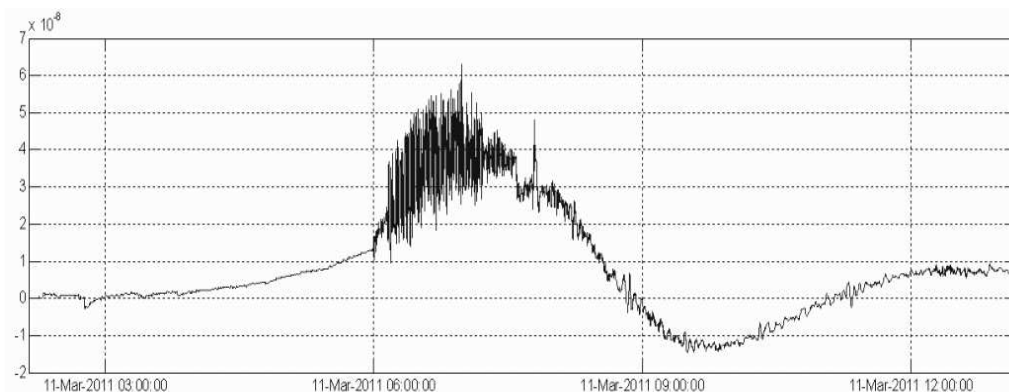


Рис. 2. Землетрясение, произошедшее 11 марта в  $05^{\text{h}}46^{\text{m}}23^{\text{s}}$  UTC восточнее острова Хонсю. ( $38,32^{\circ}$  с. ш.,  $142,37^{\circ}$  в. д.), магнитудой 9. Запись сделана лазерным интерферометром-деформографом.

Самым значительным сейсмическим событием ближней зоны в этом 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.) (Рис.4).

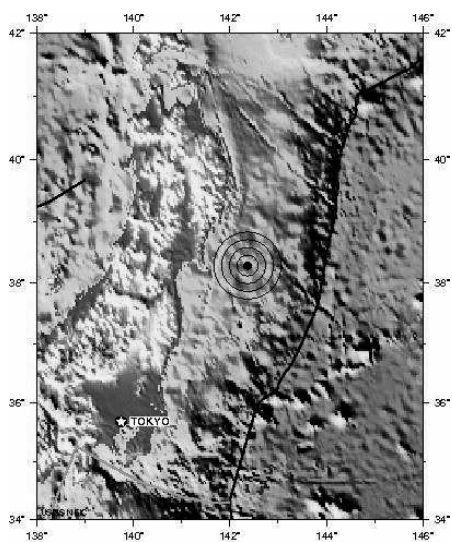


Рис. 3. Местоположение эпицентра землетрясения, произошедшего 11 марта в  $05^{\text{h}}46^{\text{m}}23^{\text{s}}$  UTC в западной части Тихого океана, восточнее острова Хонсю ( $38,32^{\circ}$  с. ш.,  $142,37^{\circ}$  в. д.), с магнитудой 9 [4].

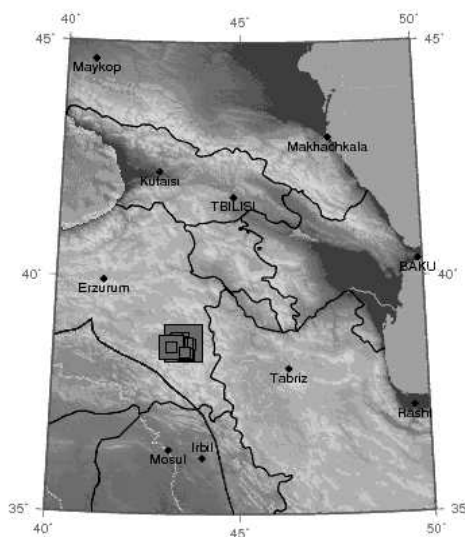


Рис. 4. Размещение эпицентров землетрясений в турецкой провинции Ван 23 октября, начиная с  $20^{\text{h}}45^{\text{s}}$  по UTC ( $38,72^{\circ}$  с.ш.,  $43,51^{\circ}$  з.д.), магнитудой 7,2 [4].

На рисунке 5 запись данного события, зарегистрированная лазерным интерферометром.

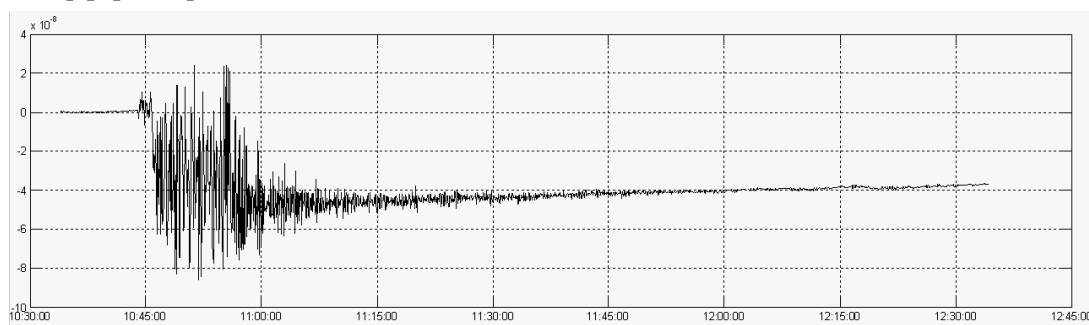


Рис. 5. Землетрясение в турецкой провинции Ван 23 октября в 20<sup>h</sup>45<sup>s</sup> по UTC (38,72° с.ш., 43,51° з.д.), записанное лазерным интерферометром-деформографом.

Для решения прогностических проблем нами на протяжении последних нескольких лет используется оригинальная методика, разработанная сотрудниками Геофизической обсерватории [5, 6, 7, 8]. Кратко метод описывается следующей совокупностью действий. Диапазон частот (или периодов, что, по сути, одно и то же), охватывающий последовательность первых, наиболее продолжительных, сейшей Чёрного моря, разбивается на несколько интервалов. Критерий разбиения – в каждом интервале находится хотя бы одна мода собственного колебания моря. Экспериментальные данные делятся на последовательные сегменты одинаковой длительности. Обычно соседние реализации «пересекаются» друг с другом на величину от четверти до трети своей продолжительности. Так поступают потому, 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 упомянутых интервалов, результаты запоминаются как значения функции времени, в качестве аргумента которой выбираются моменты, соответствующие срединной части реализации. Далее процесс повторяется для следующего сегмента данных.

В результате получаем столько временных последовательностей, сколько диапазонов периодов было запланировано. 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 6, 8, 10, 12 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 предшествующих моменту упоминавшегося землетрясения. Отсутствие такой закономерности для последовательностей из интервалов 11,90<sup>h</sup> – 14,40<sup>h</sup> и 9,60<sup>h</sup> – 11,65<sup>h</sup> мы поясняем тем, что в этих диапазонах периодов размещаются полусуточные лунно-солнечные гармоники гравитационных периодов, которые в данном временном масштабе можно охарактеризовать как «стационарные» процессы. Эта интерпретация подкрепляется негладкой формой полученных кривых, то есть полусуточные гармоники эффективным образом генерируют своеобразные биения. В качестве масштаба по вертикали на всех графиках используются (отн. деф.)<sup>2</sup>/Гц.

На рисунках 7, 9, 11, 13 представлены графики текущих разностей (первых производных) СПМ. Такой взгляд на исходные процессы позволил выявить дополнительные изменения в форме кривых, происходившие в канун землетрясения.

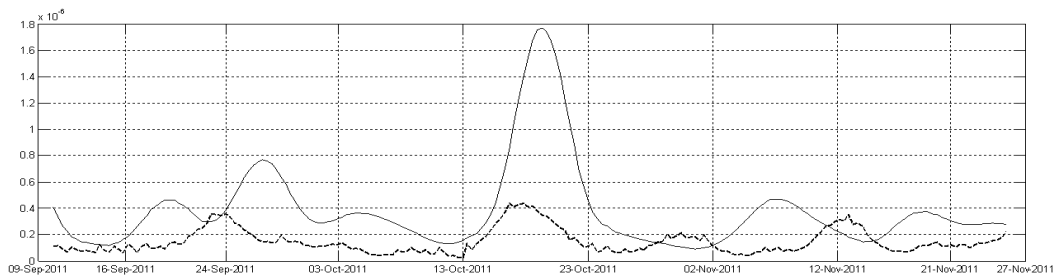


Рис. 6. Изменение со временем СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 14.79 – 21.05 часов (сплошная линия); 11.90 – 14.40 часов (пунктирная линия).

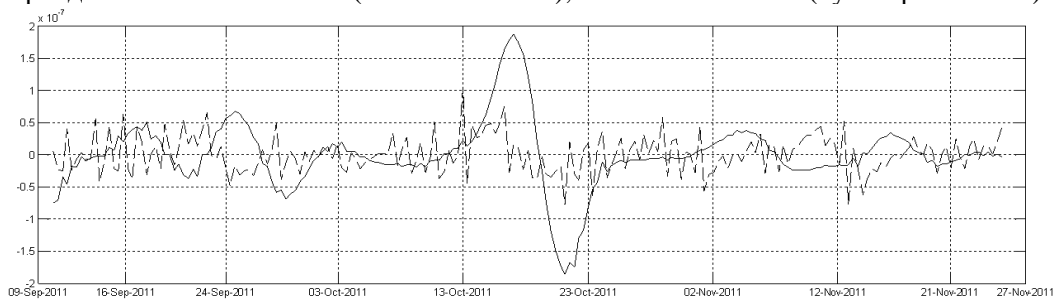


Рис. 7. Изменение со временем текущей разности СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 14.79 – 21.05 часов (сплошная линия); 11.90 – 14.40 часов (пунктирная линия).

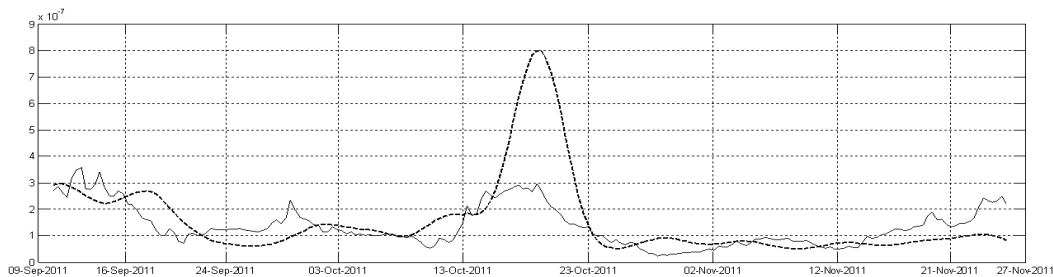


Рис. 8. Изменение со временем СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 9.60 – 11.65 часов (сплошная линия); 7.82 – 9.44 часов (пунктирная линия).

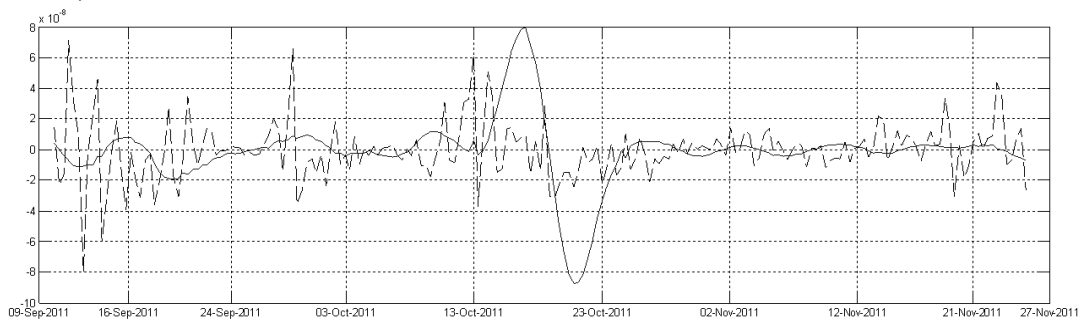


Рис. 9. Изменение со временем текущей разности СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 9.60 – 11.65 часов (пунктирная линия); 7.82 – 9.44 часов (сплошная линия).

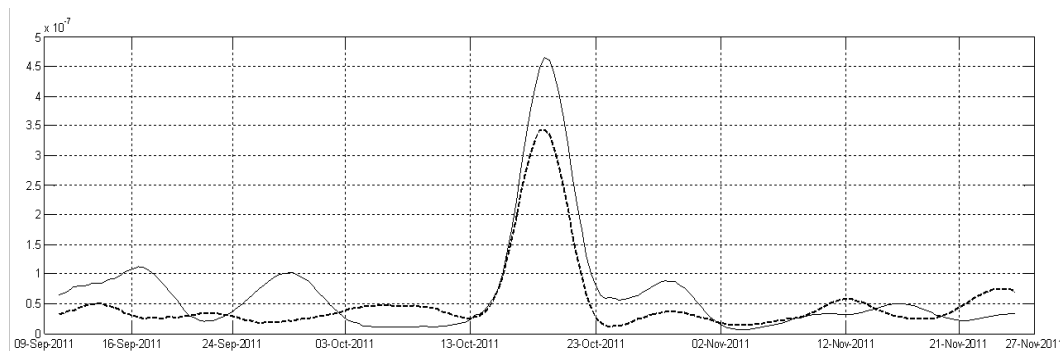


Рис. 10. Изменение со временем СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 6.84 – 7.71 часов (сплошная линия); 6.08 – 6.76 часов (пунктирная линия).

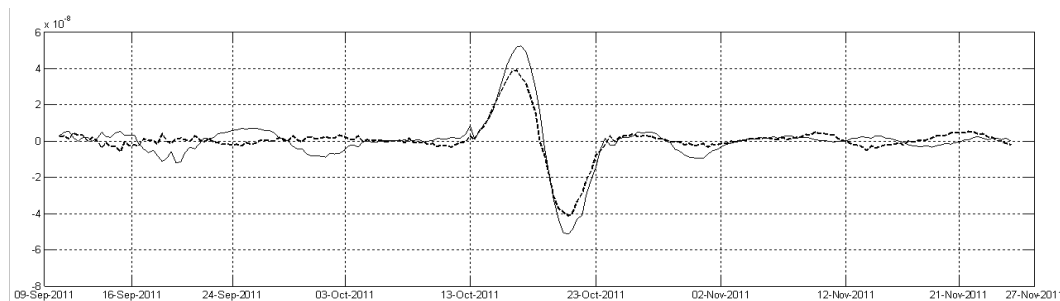


Рис. 11. Изменение со временем текущей разности СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 6.84 – 7.71 часов (сплошная линия); 6.08 – 6.76 часов (пунктирная линия).

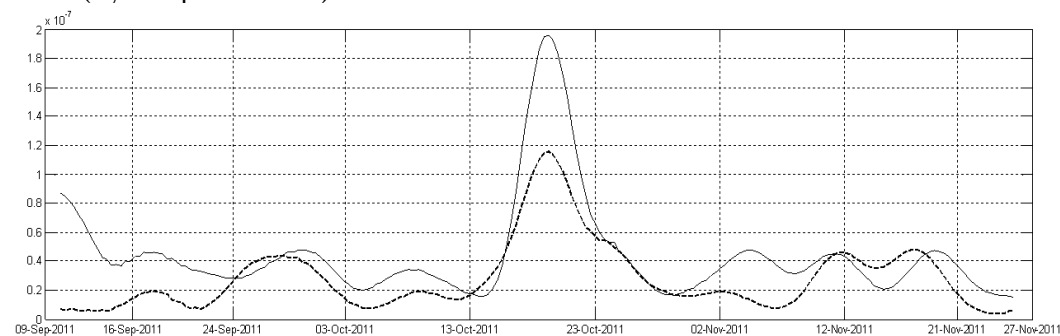


Рис. 12. Изменение со временем СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 5.31 – 6.02 часов (сплошная линия); 4.93 – 5.26 часов (пунктирная линия).

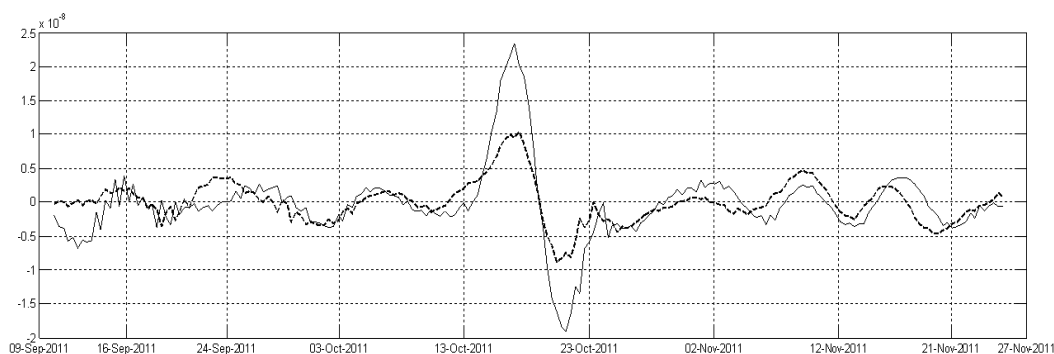


Рис. 13. Изменение со временем текущей разности СПМ литосферных деформаций в диапазонах периодов: 5.31–6.02 часов (сплошная линия); 4.93–5.26 часов (пунктирная линия).

### ВЫВОДЫ

По нашему мнению, резкий рост в зависимостях СПМ от времени однозначно можно трактовать как признак возможных региональных сейсмических событий. Таким образом, разработанная методика прогноза местных землетрясений и ближней зоны Крымско-Черноморского региона, имеет право на существование.

Следует отметить, что в 2011 году на интерферометрической станции Геофизической обсерватории ТНУ были установлены дополнительные измерительные приборы [2, 3]. В мае в измерительном объеме обсерватории установлены, на расстоянии более 400 метров друг от друга, два вертикальных статических маятника (разработка RN Dr Календы и RN Dr Ноймана) [9, 10, 11]. В августе на наземном полигоне обсерватории смонтирована магнито-вариационная станция ЛЕМА-18 [12]. Такие станции предназначены для оснащения пунктов сейсмопрогностического мониторинга и ими оснащена региональная сейсмопрогностическая сеть Государственной геологической службы Украины, а также украинская антарктическая станция им. академика В.И. Вернадского.

Установка в одной географической точке, в едином объеме разноплановой геофизической аппаратуры и комплексная интерпретация наблюдений, позволят более полно изучать природу земных приливов, медленных движений земной коры, свободных колебаний Земли и других слабых геофизических эффектов, в том числе и предвестников землетрясений.

### Список литературы

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](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. Earthquake Search [Web-page] / [U.S. Geological Survey Web-page]. – Page URL: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/>
5. 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.
6. Боборыкина О. В. О возможности краткосрочного прогноза землетрясений на примере записей лазерных интерферометров-деформографов/ О. В. Боборыкина, В. А. Насонкин // Учёные записки ТНУ. Серия «Физика». – 2002. – Том 14 (53). – №1. – С. 86-93.
7. Боборыкина О. В. Попытка краткосрочного прогноза землетрясения на примере черноморского события от 07.05.08 г./ О. Боборыкина, В. Насонкин // Матеріали наукової конференції «Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища», Львів, 6-10 жовтня 2008 р. – С. 80.
8. Насонкин В. А. Региональное сейсмическое прогнозирование/ Насонкин В.А., Боборыкина О.В.// Динамические системы. – Симферополь. – 2009. – Вып. 26. – С. 63-67. – ISSN 0203-3755.
9. Kalenda, P. (2009). Indirect stress measurement by static vertical pendulum / Kalenda, P., Neumann, L. and Wandrol, I.// Proceedings of 47th Int. Sci. Conf. Experimentální analýza napětí 2009, TU Liberec. – 2009. – PP. 120-128.
10. Kalenda, P. (2010). Static vertical pendulum – observations of anomalous tilt before earthquakes (case study)/ Kalenda, P. and Neumann, L.// *Rock stress and earthquakes*. F. Xie ed., CRC Press, Taylor & Francis Group, London. – 2010. – PP. 795-803.
11. Neumann, L. (2010). Static vertical pendulum – apparatus for in-situ relative stress measurement/ Neumann, L. and Kalenda, P.// *Rock stress and earthquakes* F. Xie ed., CRC Press, Taylor & Francis Group, London. – 2010. – PP. 255-261.
12. Main directions of research and production activity of Lviv centre of Institute for space research [Web document]/ [Lviv centre of Institute for space research Webpage <http://www.isr.lviv.ua>]. – 2011. – Page URL: <http://www.isr.lviv.ua>.

**Боборыкина О. В. Геодинамічний моніторинг геофізичної обсерваторії ТНУ у 2011 році /** О. В. Боборыкина, В. А. Насонкин, Ф. Н. Панков // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Географічні науки.* – 2012. – Т.25 (64), №2. – С.28-35.

Робота присвячена спостереженнями за геодинамічними процесами у Кримсько-Чорноморському регіоні засобами лазерної інтерферометрії Геофізичної обсерваторії ТНУ у 2011 році. Відзначаються найбільш яскраві сейсмічні події цього періоду – землетрус в Японії і, значуще для нашого регіону, – у Туреччині. На прикладі останнього демонструється оригінальна методика прогнозу регіонального землетрусу.

**Ключові слова:** літосферні деформації, лазерний інтерферометр, землетрус.

**Boborykina O. V. Geodynamic monitoring Geophysical Observatory TNU in 2011 /** O. V. Boborykin, V. A. Nasonkin, F. N. Pankov // *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University.* – Series: *Geography Sciences.* – 2012. – V.25 (64), No2. – P.28-35.

This work is devoted to observations of geodynamic processes in the Crimean Black Sea region by means of laser interferometry in the Geophysical Observatory of TNU in 2011. The most striking seismic events of this period are marked here – an earthquake in Japan, and significant for our region – in Turkey. On example of the last event the original technique of prediction of regional earthquakes is shown.

**Key words:** lithospheric deformation, laser interferometer, an earthquake.

*Поступила в редакцію 05.11.2012 г.*