

УДК 550.343.6+531.715.1+551.2.3.+539.3

Некоторые результаты измерений литосферных деформаций

В.А. Насонкин, В.Н. Чехов, О.В. Боборыкина

Геофизическая обсерватория ТНУ,
Симферополь 95007 *E-mail: buh@smu.sf.energy.gov.ua*

Аннотация. В работе приводятся избранные результаты наблюдений литосферных деформаций, полученные в Геофизической обсерватории ТНУ в 2007 году. В качестве базового средства наблюдений используется лазерный равноплечный интерферометр-деформограф с пятиметровыми плечами. Исследования литосферных деформаций средствами большебазовой лазерной интерферометрии позволяют внести значительный вклад в решение ряда важных научных задач — прогноз землетрясений, регистрация взрывов, определение упругих характеристик Земли и др.

Экспериментальные исследования литосферных деформаций проводятся в Геофизической обсерватории Таврического Национального университета им. В.И. Вернадского, начиная с 1986 года [1]. Обсерватория находится в окрестности г. Севастополя и имеет координаты: $44^{\circ}31'$ северной широты и $33^{\circ}23'$ восточной долготы. В подземных сооружениях правого дальномерного поста бывшей артиллерийской береговой батареи № 35, вырубленных в известняке, на глубине около 20 метров установлен равноплечный лазерный интерферометрический комплекс, собранный по оптической схеме Майкельсоновского типа с ортогонально расположенными плечами длиной по 5,2 метра. Плечи интерферометра размещены на постаментах, имеющих жёсткую связь с коренной породой. Направления плеч задаются азимутальными углами 156° и 246° .

Измерительный объём отделяется от земной поверхности большим числом люков и дверей, что позволяет обеспечивать в нём высочайшую стабильность температуры. Как показали результаты многолетних измерений, годовые изменения температуры в измерительном объёме не превышают 0,2 К, а суточные не превышают $4 \cdot 10^{-3}$ К. Для повышения стабильности температуры лазер располагается в специальной комнате, отделённой от измерительного объёма закрывающейся дверью. Для ввода излучения в интерферометр используется система поворотных зеркал, а для устранения влияния конвекционных движений воздуха используются пластиковые трубы, установленные вдоль всего хода пучков.

Данный комплекс позволяет измерять изменения длины оптического пути в плечах интерферометра в диапазоне частот от нуля до 1000 Гц. Порог чувствительности системы слежения за интерференционной полосой, приведённый к единичному диапазону частот, составляет $3 \cdot 10^{-12}$ м/Гц^{1/2} в полосе 0,01–100 Гц. Важным достоинством методов лазерной интерферометрии является их абсолютность, так как измеряемая величина сравнивается с длиной волны лазерного излучения, которая известна с высокой точностью.

Следует отметить, что равноплечный лазерный интерферометр с ортогонально расположенными плечами измеряет разность деформаций между направлениями, совпадающими с направлениями его плеч, и не является деформографом в буквальном смысле. Только равноплечные лазерные интерферометры позволяют обеспечить порог чувствительности на уровне 10^{-10} – 10^{-12} при измерении длиннопериодных деформаций, не прибегая к использованию уникальных по стабильности частоты лазеров и без создания высокого вакуума в плечах интерферометра.

Многолетняя работа уникальных приборов, размещённых на Севастопольской интерферометрической станции, очевидно, не лучшим образом сказалась на их физическом состоянии. К сожалению, полевой сезон 2007 г. ознаменовался многочисленными поломками аппаратуры. Полноценные наблюдения за литосферными деформациями в режиме мониторинга удалось провести в течение августа и сентября 2007 г. Общая картина наблюдавшихся деформаций представлена на рис. 1. Запись выполнена, начиная с 16 ч 11 м 13.08.07. Масштаб по горизонтали — сут-

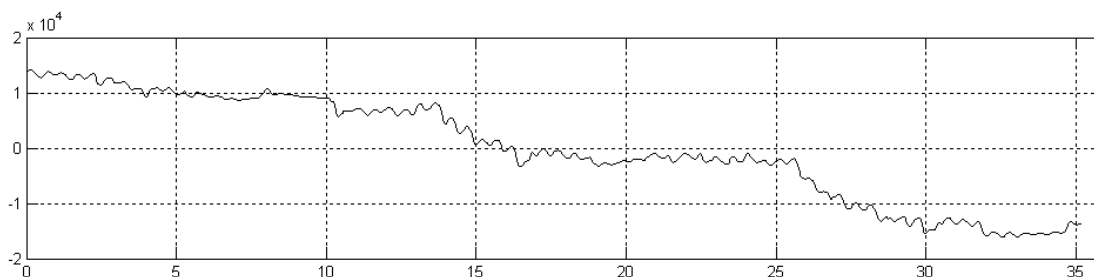


Рис. 1.

ки; масштаб по вертикали — единица оцифровки АЦП. Для представления данных через относительные деформации следует использовать коэффициент $2,96 \cdot 10^{-11}$ (отн. деф./ед. АЦП). На фоне глобального тренда отчетливо различаются гравитационные приливные деформации (мелкомасштабные колебания траектории записи). Обращают на себя внимание два «излома» деформационной кривой, отделяющие друг от друга участки, на которых форма поведения процессов хорошо аппроксимируется полиномами первого порядка. Безусловно, регистрируемые данные отражают динамику локальных напряжений в штольне, окружающей измерительный объём. Однако, нам известно, что подземный комплекс расположен в известняковом массиве, имеющем характерные размеры порядка нескольких сот

метров. И анализ многолетних наблюдений показывает, что деформации, измеряемые на Севастопольской станции, демонстрируют отчётливый монотонный тренд. Поэтому, правомерно будет утверждать, что такое «поведение» кривой отражает в какой-то мере глобальные процессы, происходящие в литосфере Крымского полуострова и его окрестности.

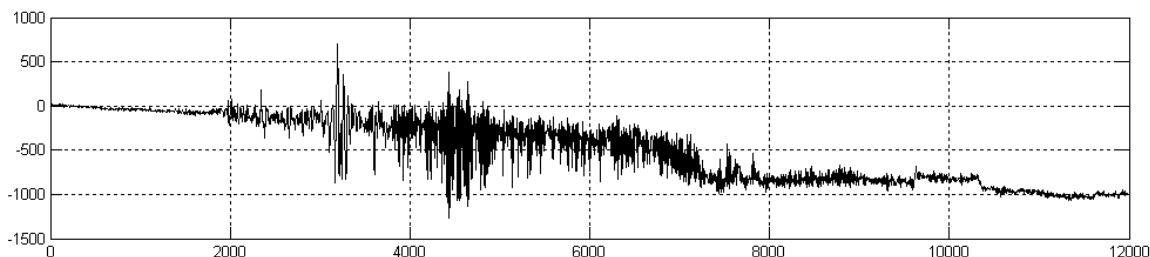


Рис. 2.

На рис. 2 демонстрируется запись, полученная с 0h 38m 16.08.07. Масштаб по горизонтали — секунды; масштаб по вертикали — единица оцифровки АЦП. Для представления данных в масштабе относительных деформаций следует использовать ранее указанный коэффициент. Данный фрагмент наблюдений однозначно сопоставляется землетрясению магнитудой 8, произошедшему в 23h 40m 58s 15.08.07 на глубине 39 км. Эпицентр находился в точке с координатами 13,39° Ю.ш. 76,61° З.д. [2] Здесь уместно вспомнить, что равноплечный интерферометр измеряет разность деформаций в своих плечах. Поэтому интенсивность отклика прибора на сейсмическое событие зависит от направления прихода волны. Этим объясняется «парадокс» отсутствия регистрации некоторых значительных землетрясений. На интервале от 6000 до 8000 секунды отчётливо видна пластическая деформация, имеющая, на наш взгляд, локальное происхождение.

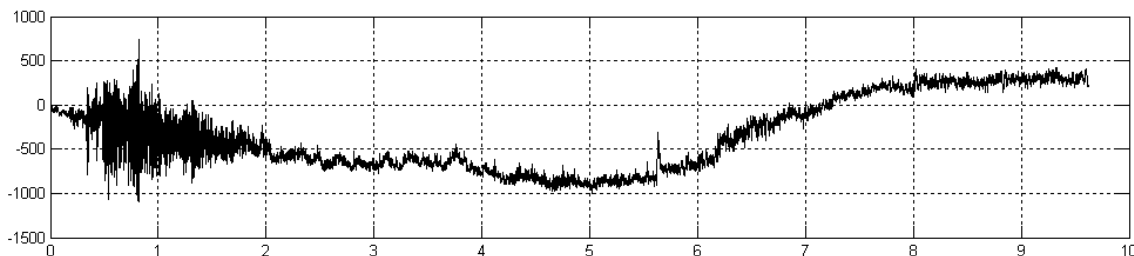


Рис. 3.

На рис. 3 представлена запись, полученная начиная с 0h 50m 13.09.07. Масштаб по горизонтали — часы; масштаб по вертикали — единица оцифровки АЦП.

Для представления данных в масштабе относительных деформаций следует использовать вышеуказанный коэффициент. Данный фрагмент наблюдений однозначно сопоставляется землетрясению магнитудой 7.9, произошедшему в 23h 49m 05s 12.09.07 на глубине 35 км. Эпицентр находился в точке с координатами 2,50° Ю.ш. 100,94° В.д. [2] Этот рисунок наглядно демонстрирует уникальную способность интерферометра-деформографа регистрировать процессы в широком диапазоне частот. Плавная огибающая деформационной кривой соответствует приливной гравитационной волне.

Помимо регистрации столь ярких сейсмических событий, в течение полевого сезона проводилась оперативная обработка рядов наблюдений с использованием методов цифрового спектрального анализа. Применяя разработанную нами ранее методику, постоянно измерялись уровни спектральной плотности мощности регистрируемого сигнала в фиксированных частотных диапазонах, соответствующих периодам сейш Чёрного моря. Эти исследования позволили сделать вывод о весьма незначительной вероятности возникновения значимых сейсмических событий в Крымско-Черноморском регионе в течение ближайших месяцев.

Список цитируемых источников

1. *Нестеров В.В.* Большебазовые лазерные интерферометры в геофизических исследованиях. — Симферополь: «Таврия», 1996. — 285 с.
2. *Сайт* http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic_global.html

Получена 10.04.2008