

УДК 551.46 551.446 532.59

**СТАЦИОНАРНАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ
ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО**

Боборыкина О.В., Насонкин В.А.

Работа посвящена научным исследованиям, проводимым на стационарной интерферометрической станции Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Излагается история создания станции, основные инструментальные методы, научные результаты и основные публикации. В качестве примера демонстрируются записи сейсмических событий, полученные в сезоне наблюдений 2007г.

Ключевые слова: лазерный интерферометр-деформограф, длиннопериодные литосферные колебания, сейши Чёрного моря, ландшафтная экология.

Многолетний геофизический мониторинг, проводимый на стационарной интерферометрической станции Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, является важной составляющей в исследованиях, направленных на изучение природы землетрясений, возможности выявления предвестниковых признаков готовящихся сейсмических событий.

Целью данной работы является проинформировать научную общественность о существовании станции, истории её создания, основных достижениях.

Своё начало стационарная лазерная интерферометрическая станция Таврического национального университета им. В.И. Вернадского (ранее Симферопольского государственного университета им. М.В. Фрунзе) берёт в 1986 году, когда В. В. Нестеров организовал и возглавил группу энтузиастов.

Неоценимый вклад в организацию и непрерывное функционирование станции внесли Г. Н. Кирчанов, Н.К. Плакса, А.В. Стародубов, Э.И. Колесников, Н.Д. Кудинов, А.В. Катрыч, Т.А. Кочиев. Исключительно благодаря их трудолюбию и стойкости удалось столь долгий срок поддерживать работы в столь удалённом от Университета месте.

Бессменным научным куратором, пропагандистом деформографических интерферометрических исследований был д.ф.-м.н., профессор МГУ В. А. Дубровский.

В последующие периоды научными руководителями работ, выполняемых на стационарной интерферометрической станции, были д.ф.-м.н. Ю.Н.Мицай, к.ф.-м.н. Ю.Б. Иванов. В настоящее время научным руководителем является д.ф.-м.н. В.Н. Чехов.

Станция расположена на базе подземных сооружений дальномерного поста бывшей береговой артиллерийской батареи № 35, построенной в 30-х годах прошлого столетия (окрестности бухты Казачьей, г. Севастополь). Измерительный объём находится в штольне (на глубине около 20 метров).

В качестве основных инструментальных средств исследования колебательных

СТАЦИОНАРНАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ...

процессов в литосфере Земли на интерферометрической станции используются двухлучевые лазерные интерферометры майкельсоновского типа с разнесенными пучками, имеющие чрезвычайно высокие метрологические характеристики, использующие в качестве эталона длину волны стабилизированного по частоте лазера. В настоящее время лазерные интерферометры являются самыми чувствительными приборами для измерения изменений оптической разности хода с широчайшим частотным диапазоном, что позволяет использовать их для измерения перемещений, деформаций, атмосферного давления, влажности, состава воздуха и т.п. Причём чувствительность таких измерений является, как правило, рекордной. Важным достоинством интерферометрических измерений является их абсолютность, так как результат измерений сопоставляется с длиной волны лазерного излучения, которая известна с высокой точностью. Достигнутая в настоящее время пороговая чувствительность к деформациям, приведенная к единичной полосе частот, на большебазовых лазерных интерферометрических системах составляет величину $\approx 10^{-13} \text{ Гц}^{-1/2}$, что на несколько порядков превышает пороговую чувствительность современных кварцевых деформографов. Однако, систематические, долговременные измерения пространственно разнесенными системами такого типа в нашей стране и за рубежом, к моменту создания станции, не проводились.

С июля 1991 года по настоящее время организованы непрерывные автоматизированные измерения литосферных деформаций большебазовыми лазерными интерферометрическими комплексами, разработанными в университете. Параллельно проводятся непрерывные измерения температуры в штольне и на поверхности Земли, а также вариаций атмосферного давления. Исследована корреляция литосферных деформаций с важнейшими метеорологическими характеристиками. Двумя одинаковыми равноплечными лазерными интерферометрами, установленными на одной станции, получены многолетние непрерывные записи и установлено, что долговременный аппаратный дрейф разработанных интерферометров не превышает $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$.

Обнаружены важные закономерности в динамике региональных литосферных деформаций: в спектрах зафиксированы периоды, соответствующие собственным колебаниям Чёрного моря, т.е. одной из причин возникновения длиннопериодных деформаций земной коры являются собственные колебания ограниченных водоёмов. Предпринята попытка выработать методику количественного сопоставления результатов деформографических измерений и характеристик темпов добычи углеводородов в окрестности Крымского полуострова.

Следует отметить, что результаты наблюдений на интерферометрической станции привлекали внимание ведущих специалистов в области оптики и геофизики из академических институтов Российской Федерации (ИФЗ, ИОФАН, ИРЭ, АКИН, ГОИ). Их представители проводили и проводят совместные исследования на базе интерферометрической станции ТНУ (ИДГ РАН, УГГРИ).

В 1988 году проводились уникальные исследования в полевых, автономных условиях. Лазерный интерферометр был установлен в пещере Эмине-Баир-Хосар (плато Чатыр-Даг). Этим была продемонстрирована принципиальная возможность

осуществлять наблюдения в предварительно специально необорудованных точках. Впоследствии, в 90-х годах, аналогичные сезонные исследования проводились совместно с ПГИ АН СССР и АКИН) на мысе Сеть-Наволок (Кольский полуостров), о. Шпицберген (Норвегия).

Многолетняя непрерывная работа уникальных приборов, размещённых на Севастопольской интерферометрической станции, очевидно, не лучшим образом сказалась на физическом состоянии измерительной аппаратуры и вспомогательной инфраструктуры. К сожалению, нередко имеют место поломки, что не позволяет вести мониторинговые наблюдения за региональными литосферными деформациями.

На рисунке 1 представлены в сжатом виде данные, полученные в течение августа-сентября 2007 г.

Запись выполнена начиная с 16 ч 11 м 13.08.07. Масштаб по горизонтали – сутки; 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 отчётливо 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, ранее проведенных 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.

На рис. 2 демонстрируется запись, полученная начиная с 0^h 38^m 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 23^h 40^m 58^s 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.

На рис. 3 представлена запись, полученная начиная с 0^h 50^m 13.09.07. Масштаб по горизонтали – часы; масштаб по вертикали – единица оцифровки АЦП. Для представления данных в масштабе относительных деформаций следует использовать выше указанный коэффициент. Данный фрагмент наблюдений

СТАЦИОНАРНАЯ ИНТРЕФЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ...

однозначно сопоставляется землетрясению магнитудой 7.9, произошедшему в 23^h 49^m 05^s 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.

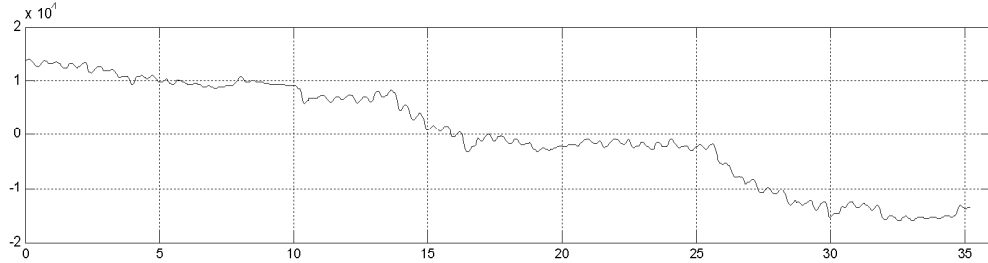


Рис. 1

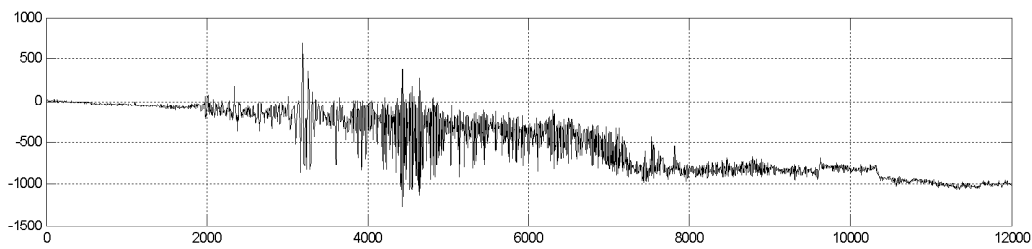


Рис. 2

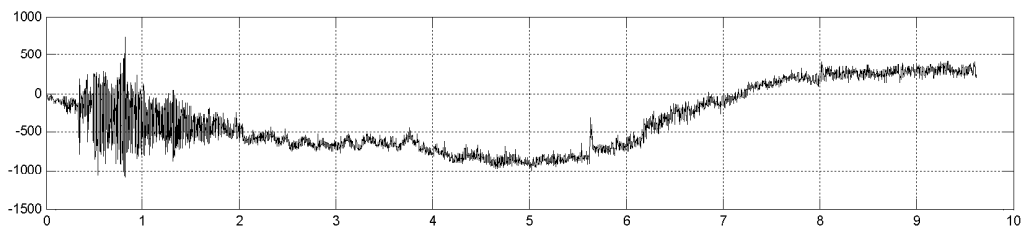


Рис. 3

В настоящее время станция работает в штатном режиме. Выполняется оперативная обработка и анализ рядов данных. Применяя разработанную нами ранее методику, постоянно измеряются уровни спектральной плотности мощности регистрируемого сигнала в фиксированных частотных диапазонах, соответствующих группам периодов сейш Чёрного моря. Эти исследования позволяют формулировать выводы о вероятности возникновения сейсмических событий в Крымско-Черноморском регионе.

Необходимо отметить, что на территории СНГ нет другого подобного комплекса, который функционирует в течение столь длительного времени, сочетая в себе фундаментальный характер исследований и важнейшие прикладные следствия, вытекающие из анализа получаемых экспериментальных данных.

Данного рода исследования являются незаменимой эмпирической базой для становления такого важного направления ландшафтоведения как ландшафтная экология, главная задача которой состоит в исследовании влияния окружающей среды на состояние и развитие ландшафта. Объяснить многие свойства ландшафта, динамику процессов, прогноз их развития невозможно без знания геофизических параметров среды функционирования ландшафта, в частности длиннопериодных колебаний земной литосферы. В то же время современная ландшафтная экология не мыслится без оценок вероятности различного рода катастрофических процессов (сейсмических событий и др.), а так же без анализа антропогенных воздействий на ландшафт.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

1. Нестеров В.В., Головин С.Л., Насонкин В.А. Исследования деформаций земной коры лазерными интерферометрами. // Сб. Динамические системы. – Киев: Выща школа, 1990. – вып. 9. – С. 60-65.
2. Нестеров В.В., Головин С.Л., Насонкин В.А. Измерение длиннопериодных колебаний Земли лазерными интерферометрами-деформографами. // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1990. - № 4. – С.72-78.
3. Чехов В.Н., Нестеров В.В., Иванов Ю.Б., Насонкин В.А. Сверхдлиннопериодные литосферные деформации, возбуждаемые сейшевыми колебаниями. // Докл. АН России. Геофизика, 1994. – 336. №3 – С.391-393.
4. Иванов Ю.Б., Насонкин В.А., Нестеров В.В., Чехов В.Н. Исследования сверхдлиннопериодных литосферных деформаций, предшествующих землетрясениям. // Геофизический журнал. – Киев. – 1994. - т.16. - №5. – С.17-26.
5. Иванов Ю.Б., Насонкин В.А., Нестеров В.В., Чехов В.Н. Литосферные деформации, возбуждаемые сейшми Черного моря. // Геофизический журнал. – Киев. – 1994. - т.16. - №6. – С.53-60.
6. Иванов Ю.Б., Насонкин В.А., Нестеров В.В., Чехов В.Н. Исследования литосферных деформаций, предшествующих землетрясениям, средствами большебазовой лазерной интерферометрии. // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1995. - № 7. – С.51-62.
7. Нестеров В.В. Большебазовые лазерные интерферометры в геофизических исследованиях. / Симферополь: «Таврия», 1996. – 285 с.
8. Нестеров В.В., Насонкин В.А. Характеристики направленности большебазовых лазерных интерферометрических сейсмо-деформографов. // Геофизический журнал. – Киев. – 1996. - т.16. - №18. – С.73-77.
9. Nesterov V.V. and Nasonkin V.A. Characteristics of Orientation of Long-Baseline Laser Interferometry Seismic Deformographs. // Geophys. J., 1997. Vol. 16, pp. 561-568.

СТАЦИОНАРНАЯ ИНТРЕФЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ...

10. Иванов Ю.Б., Насонкин В.А., Боборыкина О.В. Вычислительные эксперименты и инструментальные наблюдения низкочастотных колебаний Чёрного моря. ДАН. 2005. Т. 403, № 4. С. 530 – 533.

Список литературы

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

O.V. Boborykina, Nasonkin V. A. Stationary interferometric station of Taurida national university by V.I.Vernadsky.

Work is devoted to the scientific researches spent on stationary interferometric station of Taurida National University by V.I.Vernadsky. The history of creation of station, the basic tool methods, scientific results and the basic publications is stated. As an example records of the seismic events received in a season of supervision 2007г are shown.

Keywords: Laser interferometer-deformograph, long period lutosphric fluctuations, seish of the Black sea, landscape ecology.

Боборыкіна О.В., Насонкін В.О. Стационарна інтrefерометрична станція Тавріського національного університету ім. В.І. Вернадського.

Робота присвячена науковим дослідженням, проведенням на стаціонарній інтерферометричній станції Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського. Викладається історія створення станції, основні інструментальні методи, наукові результати й основні публікації. Як приклад демонструються записи сейсмічних подій, які отримані в сезоні спостережень 2007р.

Ключові слова: Лазерний інтерферометр-деформограф, довгоперіодні літосферні коливання, сейші Чорного моря, ландшафтна екологія.

Статья поступила в редакцию 25.07.2008 г