

## СЕКЦИЯ 4. РАДИОФИЗИКА И АКУСТИКА ЭНЕРГОАКТИВНЫХ ЗОН

### ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ-ДЕФОРМОГРАФОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АКУСТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

### APPLICATION OF LASER INTERFEROMETERS-STRAINMETERS FOR REGISTRATION OF GEOPHYSICAL PROCESSES IN THE ACOUSTIC FREQUENCY RANGE

Д.В.Александров<sup>1</sup>, М.Н. Дубров.<sup>1</sup>, И.А.Ларионов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

<sup>2</sup> ИКИР ДВО РАН

*Currently, laser interferometer measurement systems are the most accurate means employed for the registration of geodynamic, seismic and other geophysical deformation processes. In this report we describe the application of laser interferometers-strainmeters for registration of geophysical processes in the acoustic range of frequencies. Mobile and portable laser interferometers-strainmeters are used for measurements. In these devices we apply three-mirror interferometer, which simplifies the installation and configuration in the field observation. The registration system of heterodyne type, which is resistant to the turbulent distortions of the wave beam and which allows to measure in the open atmosphere, is used for a signal recording in the frequency range 10(-5)-10(3) Hz. The comparison of data, obtained from strainmeters and acoustic sensors installed in the energy active zone, is performed. Observations were carried out on the IRE underground beam waveguide (Moscow region), on the POI and IKIR FEB RAS Stations (Far East and Kamchatka region). Research and development aimed at creating technology for early detection of dangerous geodynamic processes- earthquakes, landslides, tsunami waves. The produced version of laser strainmeters can be effective in solving various problems: geological, geophysical and environmental services, construction, engineering infrastructure, etc. With their help, estimates of background processes in natural conditions may be obtained, including industrial and construction facilities, and underground mine workings, researching expeditions and field observation points.*

#### Введение.

Лазерные интерферометры-деформографы широко используются в разных уголках планеты для изучения геофизических процессов [1-3]. Уникально широкая полоса частот лазерных интерферометрических измерителей деформации позволяет использовать эти инструменты при наблюдениях большого класса геофизических процессов происходящих в энергоактивных зонах. Среди таких процессов акустические явления представляют особый интерес для исследования и разработки технологии обнаружения опасных геофизических явлений. В данной работе рассматривается применение лазерных интерферометров-деформографов для регистрации колебаний земной поверхности в сейсмическом и акустическом диапазонах частот. Выполняется сопоставление результатов получаемых данных с деформографа и других датчиков, установленных в энергоактивной зоне. Наблюдения проводились на подземной лучевой линии ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН во Фрязино Московской области, на МЭС ТОИ ДВО РАН «мыс Шульца» и в ИКИР ДВО РАН п. Паратунка Камчатского края.

Исследования и разработки направлены на создание технологии раннего обнаружения опасных геодинамических процессов – землетрясений, обвально-оползневых явлений, волн цунами.

#### Описание используемых приборов и условия проведения экспериментов.

Для измерений используются мобильный и портативный лазерные интерферометры-деформографы [4]. В этих приборах применяется схема трехзеркального интерферометра, что упрощает установку и настройку в местах проведения наблюдений. Оптическая схема трехзеркального лазерного интерферометра-деформографа рассматривалась в работе [5].

Блок схема прибора представлена на рис.1. Деформограф работает следующим образом. Излучение лазера через светоделительную пластинку и электрооптический модулятор направляется в измерительное плечо. Часть излучения лазера, отражаясь от светоделительной пластинки, поступает на фотоприемник, где выделяется электрический интерференционный сигнал. Используемая система регистрации гетеродинного типа обладает устойчивостью к

турбулентным искажениям волнового пучка, что позволяет проводить измерения в открытой атмосфере. Исследуются микросейсмические и акустические возмущения в диапазоне частот от 0,00005 Гц до 1000 Гц. Предельное инструментальное разрешение реализованного устройства регистрации составляет 0,1 нм.

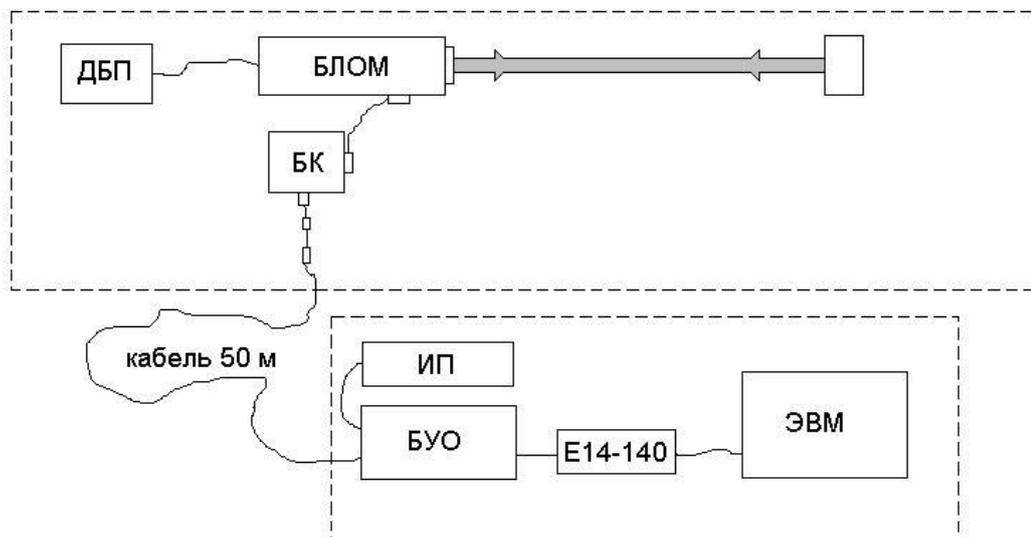


Рис 1. Блок схема интерферометра-деформографа.

Конструктивно трехзеркальный лазерный интерферометр-деформограф состоит из блока лазера и оптического модулятора (БЛОМ), блока контроля (БК) и блока управления интерферометром (БУИ), соединенного с блоками БК и БЛОМ электрическим кабелем длиной 50 м. Дополнительный блок питания (БП) предназначен для стабилизации работы лазерного излучателя в процессе постепенной выработки его ресурса.

Прибор устанавливался в лабораторном помещении (п. Паратунка, ИКИР ДВО РАН). Запись производилась в ночное время для уменьшения влияния воздействий связанных с производственным процессом. Длина базы составляла 12 метров.

#### Результаты испытаний и измерений.

На рисунке 2 показан спектр сигнала при искусственном возмущении с частотой 220 Гц. В качестве источника излучения применялась акустическая колонка от персонального компьютера, излучающая механические колебания в акустическом диапазоне частот. Присутствующая интенсивная компонента на частоте 100 Гц может быть связана с аппаратурной сетевой помехой, проникающей в канал регистрации. Программа спектральной обработки данных позволит осуществлять фильтрацию данной помехи [6].

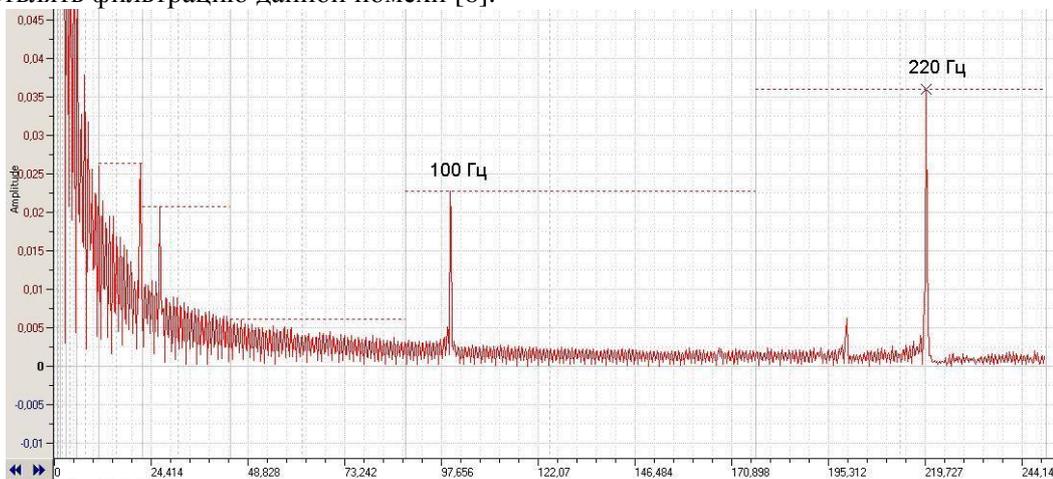


Рис. 2 Спектр сигнала при искусственном возмущении с частотой 220 Гц.

Характерный пример записей трехзеркального интерферометра-деформографа показаны на рис. 3. На этом рисунке наблюдается сейсмическое возмущение амплитудой 2 мкм с постепенным затуханием. В это время геофизической службой было зафиксировано землетрясение с магнитудой 4.3 в трехстах километрах от места наблюдения. (21.09.2009 14h 15m 36.4s, 53.13 N 162.71 E,  $h=19$  km,  $m=4.3$ , у восточного побережья Камчатки, ГС РАН сейсмологический каталог сентябрь 2009 г.)

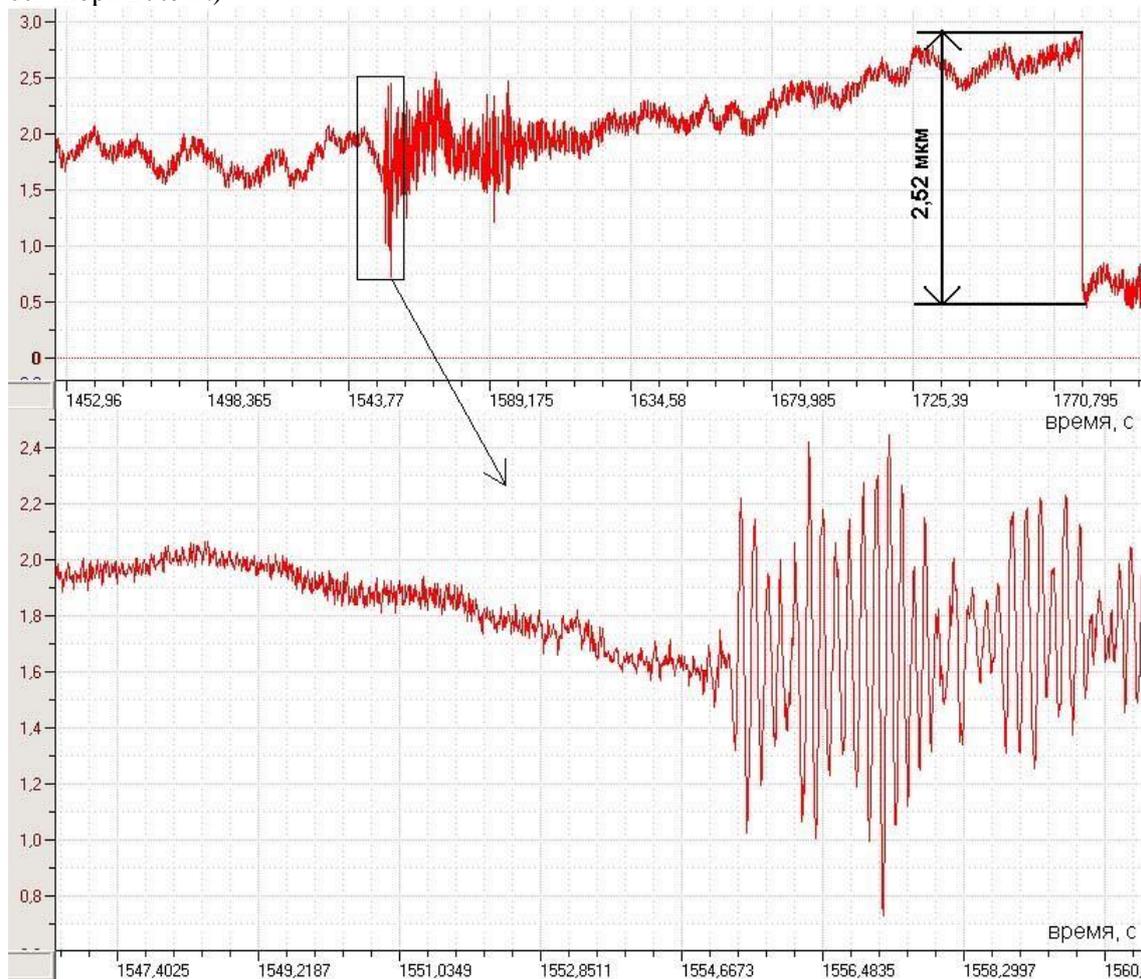


Рис. 3 Пример записи геофизического сигнала.

#### Заключение.

Проведены исследования и комплексные испытания экспериментальных макетов трехзеркального лазерного деформографа.

По совместной программе выполнены натурные наблюдения геофизических процессов в п. Паратунка Камчатского края ИКИР ДВО РАН.

Получены цифровые записи сейсмических волн от деформационных процессов.

Рассмотренный лазерно-интерферометрический прибор может быть использован для измерения геофизических процессов в акустическом диапазоне частот.

Создаваемые варианты лазерных деформографов могут быть эффективными при решении различных задач: геологические, геофизические и экологические службы, строительство, инженерная инфраструктура, и др. С их помощью также могут проводиться оценки фоновых процессов в натуральных условиях, включая промышленные и строительные объекты, подземные и горные выработки, изыскательные экспедиции и полевые пункты наблюдения.

#### Литература

1. Shuzo Takemotoa, Hideo Momosea, Akito Arayab, Wataru Moriic, Junpei Akamatsuc, Masatake Ohashid, Akiteru Takamorib, Shinji Miyokid, Takashi Uchiyamad, Daisuke Tatsumie, Toshihiro Higashia, Souichi Teladaf and Yoichi Fukuda. A 100 m laser strainmeter system in the Kamioka Mine, Japan, for precise observations of tidal strains. // Journal of Geodynamics Volume 41, Issues 1-3, January-April 2006, Pages 23-29

2. Duncan Carr Agnew, Frank K. Wyatt. Long-Base Laser Strainmeters: A Review // Institute of Geophysics and Planetary Physics Scripps Institution of Oceanography University of California, San Diego, Scripps Institution of Oceanography Technical Report, 6 January 2003

3. Долгих Г.И., Валентин Д.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В., Фищенко В.К. Применение лазерных деформографов вертикальной и горизонтальной ориентаций в геофизических исследованиях переходных зон // Физика Земли, 2002, N8, с.69-73.

4. М.Н. Дубров, Д.В. Александров Проведение испытаний мобильного лазерного деформографа на морской экспедиционной станции м. Шульца. Пятый Всероссийский симпозиум «Физика геосфер». Материалы докладов. Владивосток, 3-7 сентября 2007 г. с. 65-70

5. Д.В. Александров, М.Н. Дубров Результаты измерений деформаций Земной поверхности с помощью лазерных интерферометров, Вестник СПбО АИН № 3- 5, отдельный 3-х томник за 2009 г, с 105-113.

6. Александров Д.В., Алешин В.А., Дубров М.Н. Разработка методов линеаризации и анализа данных лазерного интерферометра-деформографа // «Лазеры, измерения, информация», Тезисы докладов конференции, 3-5 июня 2008 г., Санкт-Петербург, с. 15.

**О БАЗОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ВОЗМОЖНОСТЬ  
ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА  
ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В НАГРУЖЕННЫХ ОБРАЗЦАХ ГЕОМАТЕРИАЛОВ.  
ON THE FUNDAMENTAL EFFECTS ALLOWING THE INFLUENCE OF  
ELECTROMAGNETIC PULSES OVER MICROCRACKING IN  
LOADED SPECIMENS OF MATERIALS**

**Л.М. Богомолов<sup>1</sup>, А.С. Закупин<sup>2</sup>, В.А. Гаврилов<sup>3</sup>, В.А. Мубассарова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>- Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

<sup>2</sup>- Научная станция РАН в г. Бишкеке, Киргизстан,

<sup>3</sup>- Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

*The work is devoted to the peculiar features of acoustic emission, (AE) responses triggered by external actions of electromagnetic pulses over loaded rocks specimens. New results on AE responses have been obtained, which manifested themselves the rate of defects formation in rocks. The model is proposed that relates origination of AE responses to nonlinear resonant interaction similar to stimulated Brillouin scattering. This model (coming from Nonlinear Optics and Condensed Media Physics) allows understanding of that why triggered variations of AE activity are similar for specimens with differing properties, in particular semi-brittle and pseudo-plastic, dry and water-saturated.*

Идея невзрывного, вибросейсмического либо электромагнитного инициирования слабых сейсмических событий для ускорения разрядки избыточных напряжений в геосреде и снижения риска катастрофического землетрясения приобретает все большую популярность. Определенный вклад в решение вопросов, тематически связанных с этим замыслом, может внести лабораторное моделирование процессов разрушения материалов земной коры при воздействиях импульсов физических полей (так называемых энерговоздействиях). Наблюдения влияния нестационарных физических полей на разных масштабах: от лабораторного при характерной длине 1-10 см, до натурального – километрового взаимно дополняют друг друга [1-3]. Влияние физических полей (в частности, электроимпульсов и вибраций) на скорость роста микротрещин в образцах горных пород исследовалось в ряде работ при помощи метода акустической эмиссии, АЭ (обзор в [1]). Был выявлен эффект прироста активности АЭ, стимулированного внешними электромагнитными полями [1,2], который свидетельствует об их влиянии на скорость трещинообразования. Такое влияние электромагнитных полей (ЭМП) определяется их взаимодействием со структурными дефектами в диэлектрических материалах (в частности, в ионных кристаллах). Взаимосвязь электрических полей, обусловленных поляризацией горных пород, с релаксационными процессами (проявлением пластичности), продемонстрирована в [4] для случая образцов без пьезоэлектрических свойств, находящихся при относительно небольших нагрузках

В настоящей работе продолжено изучение особенностей откликов акустической эмиссии на импульсы ЭМП. Дополнительные воздействия импульсными полями осуществлялись в ходе сеансов при испытаниях образцов на ползучесть на бесшумных реологических прессах. Методика исследования детально изложена в [5]. Сигналы АЭ регистрировались в широком частотном диапазоне от 80 кГц до 2,5 МГц, аппаратура работала в ждущем режиме. В проведенной серии экспериментов подтвержден ранее полученный результат, что при нагрузках 70-95 % от