

А.И. БАБУШКИНА, Д.Н. БЫКОНЯ, В.А. ЧУЛКОВ

## Влияние резкого изменения атмосферного давления на деформацию земной коры

*Анализируются синхронные данные лазерного деформографа и лазерного нанобарографа на МЭС ТОИ ДВО РАН «Мыс Шульца» за период наблюдений (25–26.03.2016 г.). Установлено влияние вариаций атмосферного давления на уровень микродеформаций земной коры. При резком изменении атмосферного давления в земной коре возбуждаются низкочастотные колебания, период которых быстро растет примерно от 25 до 120 с. Со временем они затухают.*

*Ключевые слова: лазерный деформограф, лазерный нанобарограф, атмосферная барическая депрессия, микродеформации земной коры, градиент атмосферного давления.*

**Influence of sudden change of atmospheric processes on deformation of the Earth's crust.** A.I. BABUSHKINA, D.N. BYKONYA, V.A. CHULKOV (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

*Synchronous data of a laser strainmeter and a laser nanobarograph, installed on MES of POI FEB RAS "Schultz Cape", are analyzed for the observation period from March 25 to March 26, 2016. The effect of variations in atmospheric pressure on the level of microdeformations of the Earth's crust has been established. With a sudden change in the atmospheric pressure in the Earth's crust, low-frequency oscillations are excited, the period of which quickly grows from about 25 to 120 s. They attenuates with time.*

*Key words: laser strainmeter, laser nanobarograph, barometric depression, microdeformations of the Earth's crust, atmospheric pressure gradient.*

### Введение

При изучении геосферных процессов широкого диапазона частот возникает вопрос о первоисточнике выделенных колебаний. Так, колебания и волны земной коры, зарегистрированные различной геофизической аппаратурой, можно в первую очередь отнести к источникам, находящимся в той геосфере, в которой расположена данная аппаратура. Например, зарегистрированные в воде термодатчиками квазипериодические колебания, первоначально отнесенные к короткопериодным морским волнам, были вызваны вариациями атмосферного давления, которые воздействовали на земную кору и гидросферу [3]. Аналогичные эффекты можно наблюдать в диапазоне микросейсм первого и второго рода, сейш, инфрагравитационных морских волн. Становится ясно, что для нахождения первоисточника некоторых колебаний и волн необходимо проводить измерения вариаций основных параметров геосфер одновременно во всех геосферах.

В данной статье анализируется природа возникновения устойчивых колебаний земной коры, зарегистрированных лазерным деформографом, период которых быстро растет со

---

БАБУШКИНА Александра Ивановна – магистрант, специальность «Прикладная гидрометеорология», \*БЫКОНЯ Дарья Николаевна – магистрант, специальность «Прикладная гидрометеорология», ЧУЛКОВ Виктор Александрович – магистрант, специальность «Прикладная гидрометеорология» (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). \*E-mail: bykonya\_daria@mail.ru

временем. При первичном анализе экспериментальных данных установлено, что основным триггером возбуждения этих колебаний являются атмосферные процессы.

Исходные данные для проводимого исследования получены с помощью лазерного деформографа и лазерного нанобарографа [1, 2, 4]. Лазерный деформограф установлен на поверхности земли с заглублением фундамента оптической скамьи до скальной породы. Конструкция прибора изолирована от воздействия окружающей среды. На рис. 1 приведен общий рабочий вид установки. В деформографе применена цифровая система регистрации собственной разработки ТОИ ДВО РАН, которая относится к системам экстремального регулирования и управляет работой интерферометров, поддерживая на максимуме интенсивности интерференционную картину с помощью пьезокерамических элементов в цепи обратной связи. При достижении края динамического диапазона, обусловленного цикличной сменой экстремумов интерференционной картины, система регистрации формирует импульс сброса, обнуляя подаваемое на пьезокерамику напряжение. Таким образом достигается расширение динамического диапазона прибора до величин, значительно превышающих возможные в природе. Величина подаваемого на пьезокерамику напряжения и количество импульсов сброса в конкретный момент времени соответствуют изменению оптической разности хода в плечах интерферометров, линейно связанной со смещением земной коры. Эта информация в цифровом виде по линии связи поступает в компьютер, где записывается на жесткий диск с заданной частотой дискретизации.

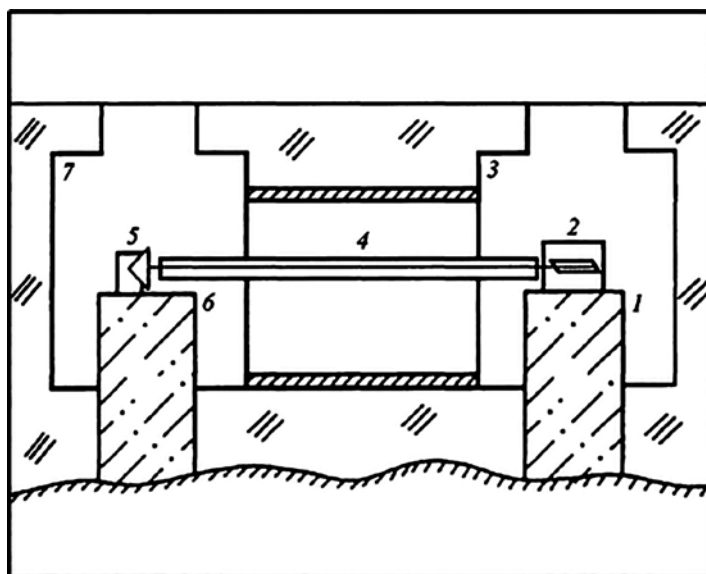


Рис. 1. Блок-схема лазерного деформографа классического типа: 1, 6 – бетонные (гранитные) устои лазерного деформографа; 2 – интерференционный узел лазерного деформографа; 3, 7 – подземные гидротермоизолированные боксы лазерного деформографа; 4 – вакуумный (герметичный) лучевод; 5 – блок уголкового отражателя [3]

Лазерный нанобарограф [2] (рис. 2) создан для исследований взаимосвязи между процессами в атмосфере и литосфере. В качестве датчика-измерителя атмосферного давления использован блок anerоидных коробок, применяемый в обычных стрелочных барометрических приборах. Однако для регистрации перемещения незакрепленного конца блока с целью увеличения чувствительности использовались современные лазерно-интерференционные методы измерений. Оптическая схема лазерного нанобарографа создана на основе модифицированного интерферометра Майкельсона равноплечего типа с длиной

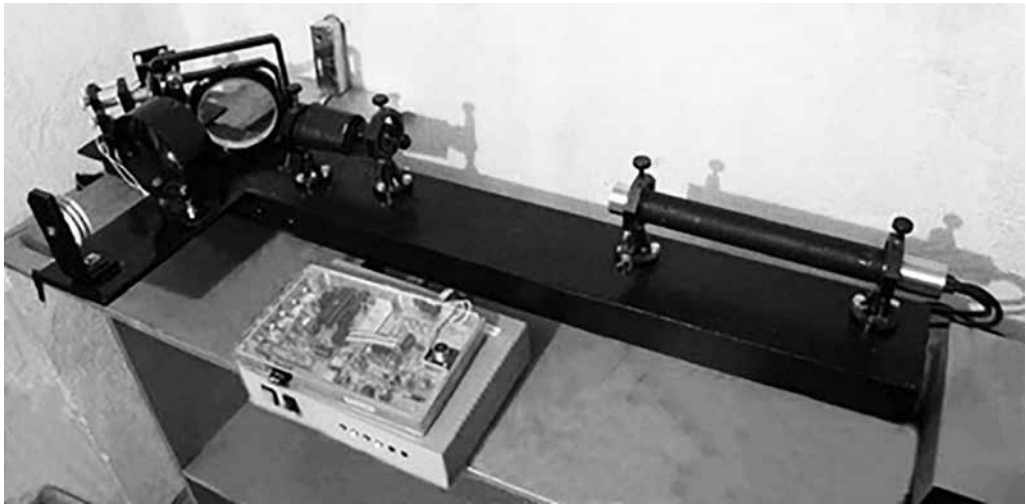


Рис. 2. Действующий лазерный нанобарограф на МЭС «Мыс Шульца»

плеча 20 см. Применяемые методы интерферометрии позволяют измерять вариации атмосферного давления с точностью 0,003 Па. При этом частотный диапазон простирается от 0 (условно) до 1000 Гц, а динамический диапазон практически неограничен, что обусловлено наличием системы сброса уровня. В работе поставлена задача изучения возможного влияния вариаций атмосферного давления на возбуждение в земной коре различных колебаний инфразвукового диапазона.

### **Обработка и анализ полученных результатов**

При обработке данных лазерного деформографа обнаружено, что 25–26 марта 2016 г. возникали мощные колебания земной коры, период которых быстро возрастал от нескольких десятков секунд до нескольких минут с дальнейшим затуханием. С целью изучения возможных причин возникновения этого явления были исследованы атмосферные процессы, которые могли его вызвать.

При изучении динамики атмосферных процессов использованы спутниковые снимки [5], позволяющие с дискретностью 1 ч визуально проследить область распределения атмосферных процессов. По этим снимкам исследовались динамические особенности атмосферных процессов, а также структуры, способные вызвать в земной коре колебания, выделенные на лазерном деформографе. На спутниковых данных в атмосфере отмечены контрастные структуры, соответствующие большим градиентам давления, но колебаний, похожих на колебания, зарегистрированные лазерным деформографом, отмечено не было.

Максимальное атмосферное давление в период с 00 ч 25 марта по 18.00 ч 26 марта понизилось от 1023,5 до 1014,7 гПа [5].

Для обработки данных использовали программу «Deformograph», разработанную в ТОИ ДВО РАН в 2002 г., для построения графиков – программу «Excel». В программе «Deformograph» загружали экспериментальные данные и работали в нескольких каналах (рис. 3). В нашем случае в 1-м канале были данные лазерного нанобарографа, в 6-м канале – отфильтрованные при помощи фильтра Хэмминга в полосе частот 1–0,002 Гц данные лазерного деформографа.

Начальная точка, с которой мы начали работу, выбрана 26 марта 2016 г. в 00 ч 05 мин 38 с, потому что именно с этого момента возникли низкочастотные колебания земной коры, период которых начал увеличиваться.

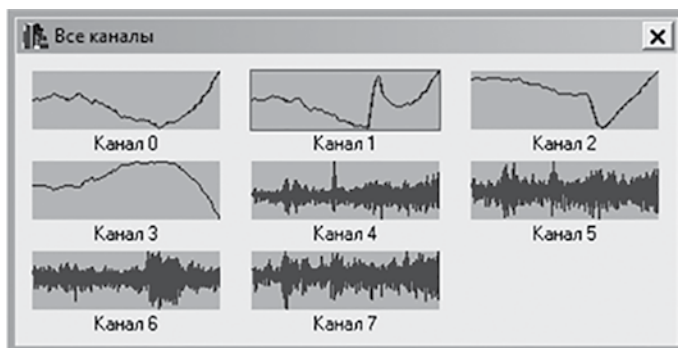


Рис. 3. Рабочие каналы в программе «Defomograph»

При анализе использована спектрограмма данных лазерного деформографа (рис. 3, шестой канал). Спектрограмма участка записи лазерного деформографа приведена на рис. 4. Рассмотрены два интересующих нас участка, в которых периоды возбужденных колебаний земной коры последовательно возрастали от минимальных до максимальных: 1) участок с точки 17969 (точка отсчета от начала графика по оси абсцисс при частоте дискретизации 1 Гц), возрастание колебаний началось 26.03.2016 г. в 00 ч 05 мин 38 с, по точку 19505 в 00 ч 31 мин 47 с; 2) участок с точки 20001, возрастание колебаний началось 26.03.2016 г. в 00 ч 39 мин 28 с, по точку 21537 в 01 ч 05 мин 35 с (рис. 4). Каждый из рассматриваемых нами участков был разбит на 7 фрагментов (см. таблицу) с фиксированной длиной 256 точек. На первом участке первый фрагмент колебаний начался 26.03 в 00 ч 05 мин 38 с, второй – в 00 ч 09 мин 53 с, третий – в 00 ч 14 мин

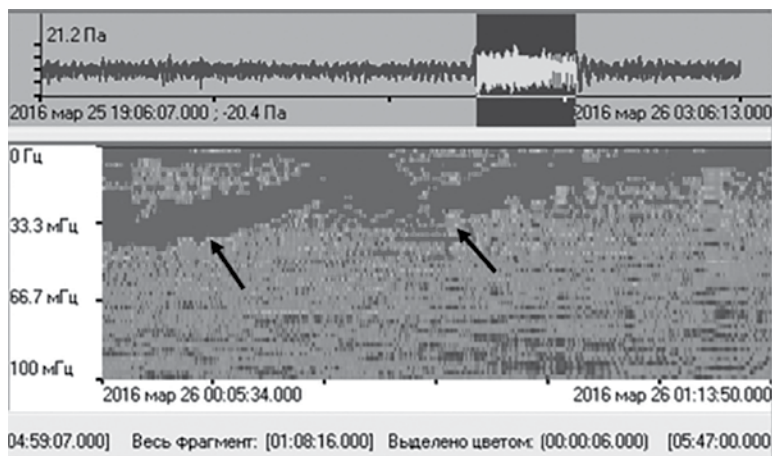


Рис. 4. Участок записи лазерного деформографа и его спектрограмма

#### Временное изменение периода возбужденных колебаний земной коры

Показатель	Спектрограмма данных лазерного деформографа						
	Первый участок						
Номер точки	17969	18225	18481	18737	18993	19249	19505
Период, с	25,6	28,4	36,5	42,6	51,0	51,2	51,2
	Второй участок						
Номер точки	20001	20257	20513	20769	21025	21281	21537
Период, с	42,6	64	86,3	85,3	128	128	128

13 с, четвертый – в 00 ч 18 мин 36 с, пятый – в 00 ч 23 мин 09 с, шестой – 00 ч 27 мин, седьмой – в 00 ч 31 мин 47 с. На втором участке первый фрагмент колебаний, который мы рассматривали, начался 26.03 в 00 ч 39 мин 28 с, второй – в 00 ч 43 мин 51 с, третий – в 00 ч 48 мин 00 с, четвертый – в 00 ч 52 мин 30 с, пятый – в 00 ч 57 мин 09 с, шестой – в 01 ч 01 мин 21 с, седьмой – в 01 ч 05 мин 35 с. Последние периоды (128 с) одинаковы для последних трех случаев из-за плохого разрешения спектров.

По данным таблицы построены графики временного изменения периода колебаний для первого (рис. 5) и второго (рис. 6) участков.

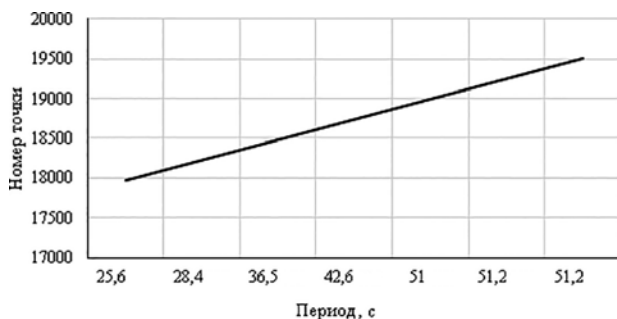


Рис. 5. Графическое изображение временного изменения периода колебаний первого участка

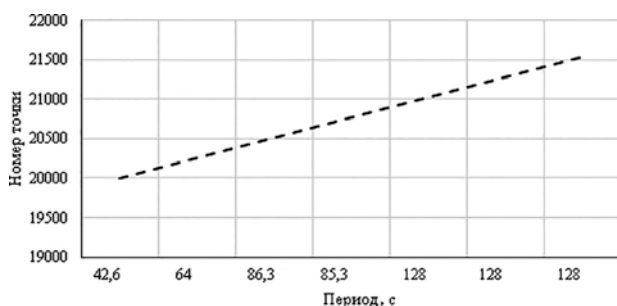


Рис. 6. Графическое изображение временного изменения периода колебаний второго участка

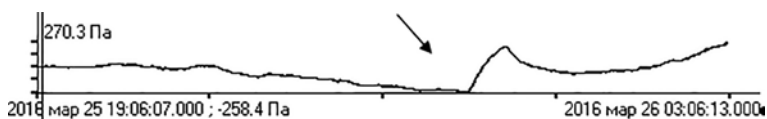


Рис. 7. График изменения атмосферного давления

На графиках видно, что временное изменение периода колебаний земной поверхности в первом и во втором случаях линейно. Возможно, такие изменения происходят в результате изменения барического поля. Начало колебаний земной коры в первом и втором случаях начинается с резкого изменения атмосферного давления, общая величина изменения атмосферного давления составляет около 530 Па (рис. 7).

### Заключение

На наш взгляд, возникновение колебаний земной коры инфразвукового диапазона, зарегистрированных лазерным деформографом, вызвано резким изменением

атмосферного давления значительной величины. Это изменение стало триггером при возбуждении высокочастотных колебаний земной коры (период около 25 с). Со временем их период возрстал, что связано с потерей энергии нелинейных колебаний.

Авторы выражают искреннюю благодарность ТОИ ДВО РАН за предоставленную информацию и лично д.ф.-м.н., академику РАН Г.И. Долгих – за всестороннюю поддержку и помощь при написании статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Чебров В.Н., Шевченко Ю.В. Геофизический полигон «Мыс Шульца» // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 5. С. 165–169.
2. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Новикова О.В., Овчаренко В.В., Окунцева О.П., Швец В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В. Лазерный нанобарограф и его применение при изучении бародеформационного взаимодействия // Физика Земли. 2004. № 8. С. 82–90.
3. Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В. Морские внутренние волны и атмосферные депрессии // ДАН. 2015. Т. 462, № 5. С. 601–604.
4. Долгих Г.И. Принципы построения однокоординатных лазерных деформографов // Письма в журнал технической физики. 2011. Т. 37, вып. 5. С. 24–30.
5. Himawari 8 Data Archive, GMS/GOES9/MTSAT Data Archive for Research and Education. – <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/archive-e.html> (дата обращения: 9.01.2019 г.).