

Комплексный пространственно-разнесённый полигон на Дальнем Востоке для геонаблюдений

Г. И. ДОЛГИХ^{1, 2}, С. С. БУДРИН¹, С. Г. ДОЛГИХ¹, А. Г. ЗАКУРКО¹,
О. В. КОСАРЕВ¹, В. В. ОВЧАРЕНКО¹, А. А. ПЛОТНИКОВ¹, В. А. ЧУПИН¹,
В. А. ШВЕЦ¹, С. В. ЯКОВЕНКО¹

¹ Тихоокеанский Океанологический институт им. В. И. Ильичева ДО РАН, Владивосток, Россия, e-mail: ser_mail@poi.dvo.ru

² Школа естественных наук Дальневосточного федерального университета, Владивосток, Россия

Описаны лазерно-интерференционные установки для измерений вариаций деформаций земной коры и колебаний атмосферного давления в инфразвуковом и низкочастотном звуковом диапазонах. Установки расположены в четырёх пунктах Дальнего Востока. На примере результатов, полученных на морской экспериментальной станции м. Шульца, показана высокая эффективность применения указанных установок при определении первоисточника колебаний и волн широкого диапазона частот.

Ключевые слова: лазерный деформограф, лазерный нанобарограф, атмосфера, гидросфера, литосфера, мониторинг.

The interferometric laser installations for measuring crustal deformations and atmospheric pressure fluctuations in infrasonic and low-frequency ranges, located in four different places in the Far East, are described. The results received on one of the experimental stations, located at sea, Cape Shults, have shown high efficiency of the mentioned installations for identifying of the original source of fluctuations and waves of wide range frequency.

Key words: laser strainmeter, laser nanobarograph, measuring system, atmosphere, hydrosphere, lithosphere, monitoring.

При изучении закономерностей возникновения, развития и трансформации различных процессов, особенно инфразвукового диапазона, в атмосфере, гидросфере и литосфере следует в первую очередь уделять внимание их происхождению, которое может быть не связано с процессами той геосферы, в которой выполняются наблюдения [1—4]. Поэтому для адекватной интерпретации полученных результатов необходимо проводить измерения в исследуемом частотном диапазоне одновременно во всех геосферах и желательно аппаратурой, созданной на одних и тех же физических принципах.

В настоящее время по лазерно-интерференционному принципу измерений созданы лазерные деформографы (ЛД) различных вариантов [5, 6], лазерные нанобарографы (НБ) [6, 7] и лазерные измерители вариаций давления гидросферы [6, 8], предназначенные для измерений вариаций деформаций земной коры, колебаний атмосферного и гидросферного давлений в инфразвуковом и низкочастотном (НЧ) звуковом диапазонах.

Учитывая, что возникновение колебаний и волн инфразвукового диапазона связано с крупномасштабными процессами, природу их возникновения и развития необходимо изучать одновременно в разнесённых на большие расстояния точках Земли. С этой целью в качестве опорных пунктов наблюдения были выбраны четыре экспериментальные площадки, находящиеся на м. Шульца и в п. Горнотаёжное Приморского края, на м. Свободный о. Сахалин и в подземном руднике ОАО «При-

аргунского производственного горно-химического объединения» (г. Краснокаменск Забайкальского края) [9].

Во всех четырёх измерительных пунктах установлены НБ, имеющие погрешность 1 мПа, для наблюдений за вариациями атмосферного давления, а также ЛД неравноплечего типа с погрешностью 0,1 нм, созданные на основе модифицированной схемы интерферометра Майкельсона. На станции м. Шульца размещены три ЛД в различных вариантах исполнения и ориентации. В их конструкциях использованы герметичные воздушнонаполненные лучеводы, выполненные на основе труб из нержавеющей стали. Основные технические характеристики перечисленных приборов приведены в таблице. Рабочий диапазон частот всех установок — от 0 (ус-

Основные технические характеристики приборов

Пункт наблюдения	Прибор	Глубина размещения, м	Длина измерительного плеча, м	Азимут направления измерительной части, °
г. Краснокаменск	ЛД НБ	400 400	50 —	8 —
п. Горнотаёжное	ЛД НБ	0 0	18 —	290 —
м. Свободный	ЛД НБ	2 2	10,5 —	172 —
м. Шульца	ЛД1 ЛД2 ЛД3 НБ	3—5 3—5 3 0	52,5 52,5 17,5 —	198 198 290 —

ловно) до 1000 Гц, динамический диапазон каждой установки теоретически не ограничен при измерении естественных природных процессов. Это достигается введением блока обратной связи в систему регистрации, который обеспечивает электромеханический сброс уровня измеряемого сигнала по достижении им конструктивных пределов динамического диапазона. Моменты таких сбросов фиксируются в специальном канале данных, что позволяет при проведении постобработки восстановить исходный вид сигнала практически неограниченной амплитуды. В зависимости от задач и необходимости детализации графиков с помощью программно-аппаратных средств измерительного комплекса можно установить частоту дискретизации записи приборов в диапазоне 1—3000 Гц.

В совокупности все указанные установки образуют комплексный пространственно-разнесенный полигон, с которого результаты измерений поступают во Владивосток в единый центр, где после предварительной обработки заносятся в ранее созданную базу данных. В дальнейшем их обработка проводится выборочно, основное внимание при этом уделяется поиску первоисточника различных процессов инфразвукового и НЧ звукового диапазонов в атмосфере, гидросфере и литосфере с целью адекватной интерпретации результатов. Часть исследований связана с определением нагружающего воздействия атмосферных процессов на уровень деформации земной коры.

На примере результатов, полученных от приборов, установленных на м. Шульца, покажем возможности определения первоисточников колебаний и волн инфразвукового диапазона. В 2014 г. на этой станции продолжительное время работали три ЛД, НБ и лазерный измеритель (ЛИ) вариаций давления гидросферы. При анализе результатов обработки определяли первоисточники морских ветровых волн с периодом 2—20 с и короткопериодных внутренних (4—15 мин) морских волн данной шельфовой области Японского моря.

На рис. 1 приведены участки синхронных записей, выполненных 27.06.2014 г. и зарегистрированных от ЛД, НБ и ЛИ, установленного на дне на глубине 27 м. После спектральной обработки указанных участков определено, что основные энергонесущие максимумы в записях ЛД и ЛИ находятся на частотах, соответствующих периодам 7,6 и 6,3 с. В спектрах записей НБ максимумов на таких периодах не обнаружено.

Ранее при обработке записей различных приборов, размещенных в воде в данной части шельфовой области Японского моря, периодические или квазипериодические колебания в диапазоне периодов 4—15 мин связывали с короткопериодными внутренними волнами, первопричиной которых считали в основном морской прилив [см., например 10]. Однако в дальнейшем установили, что источником возникновения периодических или квазипериодических колебаний гидросферного давления (а вместе с ним и колебаний термослоёв) являются атмосферные процессы. На рис. 2 приведены характерные участки синхронных записей теми же приборами. На всех спектрах присутствует пик на частоте, соот-

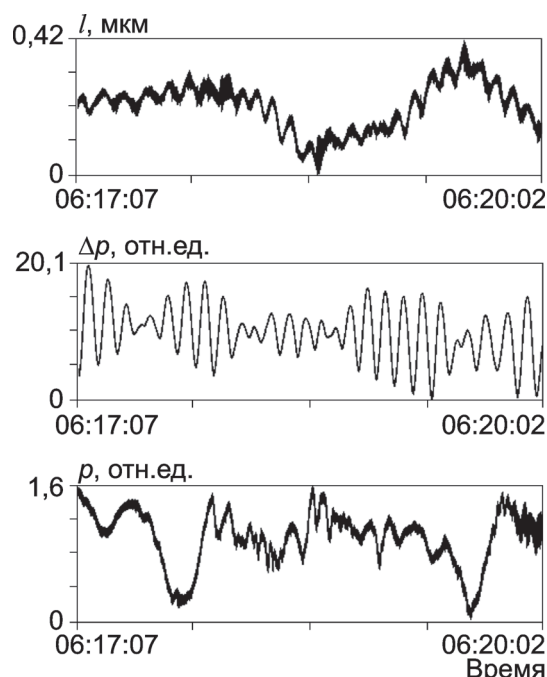


Рис. 1. Участки синхронных записей 52,5-метрового лазерного деформографа, лазерного измерителя вариаций давления гидросферы и лазерного нанобарографа (сверху — вниз), выполненных 25.06.2014 г.

ветствующей периоду около 9,5 мин, который находится в диапазоне так называемых короткопериодных внутренних морских волн. Необходимо отметить, что возникновение данных колебаний в атмосфере происходит в определённые сезоны года.

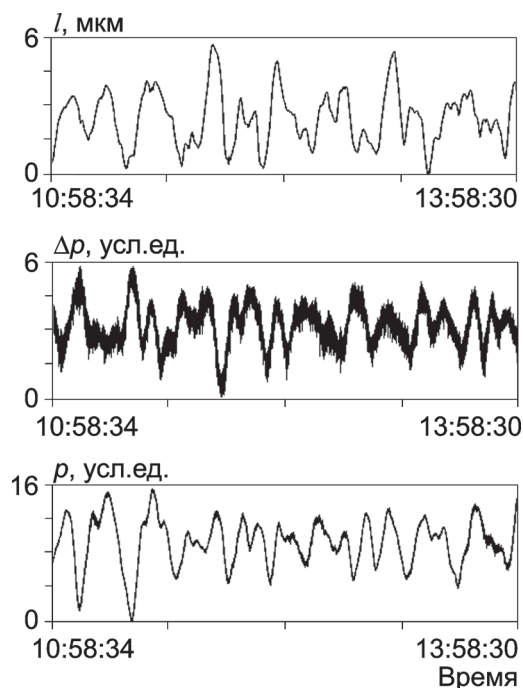


Рис. 2. Участки синхронных записей теми же приборами (см. рис. 1), выполненных 20.06.2014 г.

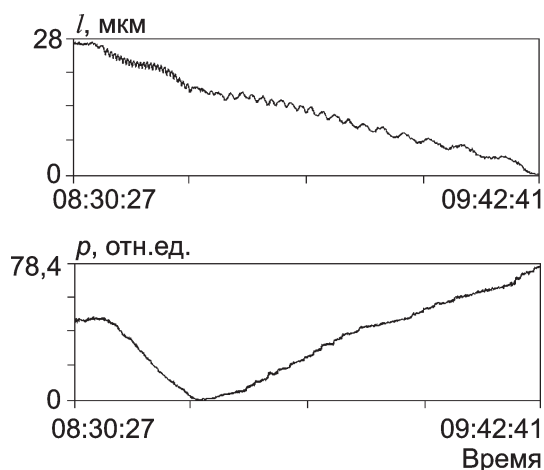


Рис. 3. Участки синхронных записей лазерного деформографа и лазерного нанобарографа (сверху — вниз), выполненных 20.09.2014 г.

На рис. 3 приведены сигналы, зафиксированные ЛД 20.09.2014 г. Детальное рассмотрение записи показало аномальную стабильность амплитуды принимаемого сигнала ($l \approx 8,5$ мкм). Сигнал за время регистрации, почти не изменяясь, плавно меняет частоту в сторону уменьшения (период колебаний возрастает от 30 с до 6 мин), при этом весь процесс длится около 95 мин. При анализе сопутствующих процессов, происходящих в атмосфере, гидросфере и литосфере, установлено, что первопричиной возникновения данных явлений могут быть резкие уменьшение, а затем возрастание атмосферного давления, что и наблюдается на записи лазерного НБ. Подобные сигналы зарегистрированы неоднократно.

Работы по монтажу и запуску ЛД и НБ указанного полигона в режим проведения непрерывных измерений вариаций деформаций земной коры и колебаний атмосферного давления закончены в сентябре—октябре 2014 г. и в настоящее время идёт процесс накопления экспериментальных данных, предназначенных для изучения природы возникновения колебаний и волн широкого диапазона частот.

Работа выполнена при частичной поддержке РНФ (соглашение № 14-17-00041) и ДВО РАН № 15-I-1-043.

Литература

1. Давыдов А. В., Долгих Г. И., Ильичев В. И. Динамика и трансформация внутренних волн на шельфе // ДАН. 1994. Т. 336. № 4. С. 538—541.
2. Долгих Г. И. Некоторые результаты экспериментального исследования сейсмоакустических сигналов, возбуждаемых низкочастотным гидроакустическим излучателем // Акустический журнал. 1998. Т. 44. № 3. С. 358—361.
3. Долгих Г. И., Корень И. А., Овчаренко В. В. Влияние вариаций атмосферного давления на показания лазерного деформографа // Физика Земли. 2001. № 11. С. 92—96.
4. Долгих Г. И., Мукомел Д. В. Зависимость вариаций периодов микросейсм от величины и направления скорости движения циклонов // ДАН. 2004. Т. 394. № 4. С. 544—547.
5. Долгих Г. И., Валентин Д. И., Долгих С. Г., Ковалёв 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. № 8. С. 69—73.
6. Долгих Г. И., Привалов В. Е. Лазеры. Лазерные системы. Владивосток: Дальнаука, 2009.
7. Долгих Г. И., Долгих С. Г., Ковалев С. Н., Корень И. А., Новикова О. В., Овчаренко В. В., Окунцева О. П., Швеиц В. А., Чупин В. А., Яковенко С. В. Лазерный нанобарограф и его применение при его изучении бародеформационного взаимодействия // Физика Земли. 2004. № 8. С. 82—90.
8. Долгих Г. И., Долгих С. Г., Ковалев С. Н., Швеиц В. А., Чупин В. А., Яковенко С. В. Лазерный измеритель вариаций давления гидросферы // ПТЭ. 2005. № 6. С. 56—57.
9. Долгих Г. И., Рассказов И. Ю., Луговой В. А., Аникин П. А., Цой Д. И., Швеиц В. А., Яковенко С. В. Краснокаменский лазерный деформограф // ПТЭ. 2013. № 5. С. 138—139.
10. Долгих Г. И., Будрин С. С., Долгих С. Г., Овчаренко В. В., Чупин В. А., Швеиц В. А., Яковенко С. В. Морские внутренние волны и атмосферные депрессии // ДАН. 2015. Т. 462. № 5. С. 601—604.

Дата принятия 27.04.2015 г.