

Особенности геодеформационных процессов осадочных пород на станции Карымшино

ЛАРИОНОВ И.А., МАРАПУЛЕЦ Ю.В., МИЩЕНКО М.А., СОЛОДЧУК А.А.,
ШЕВЦОВ Б.М.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
Россия

Камчатский полуостров, один из сейсмически активных районов планеты, является естественным полигоном для изучения геодеформаций, проявляющиеся как результат накопления и сброса напряжений в литосфере. Это естественный процесс, сопровождающий движение и взаимодействие материковых и океанических плит. Актуальность его исследования обусловлена тем, что он играет значительную роль во многих геофизических процессах, которые рассматриваются в сейсмологии, горном деле и т.д. Важным направлением изучения геодеформаций является исследование следствий, возникающих в результате изменений структуры различных слоев земли. Одним из которых, является акустическая эмиссия – возникновение и распространение упругих колебаний при пластических деформациях пород. Поверхностные осадочные породы, характеризующиеся малой прочностью и высокой пластичностью, являются наиболее удобными в изучении, т.к. благодаря этим свойствам даже малое изменение напряжения вызывает появление акустических сигналов.

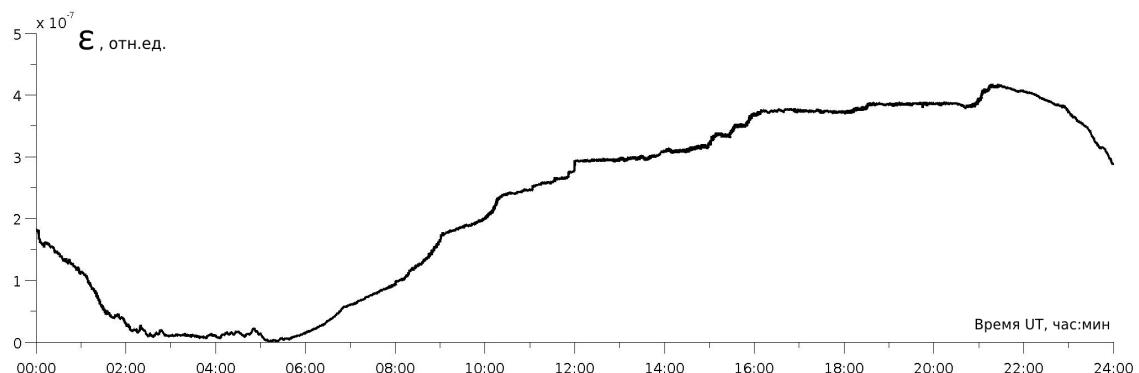


Рис. 1. Пример регистрации геодеформационного процесса 9 октября 2009 года

Для получения данных о геодеформационном процессе используется лазерный деформограф-интерферометр неравноплечного типа, собранный по схеме интерферометра Майкельсона, разработанный в ТОИ ДВО РАН [1]. Принцип работы лазерных деформографов состоит в том, что при изменении базы деформографа изменяется оптический путь лазерного луча, пробегающего расстояние между двумя точками, составляющее базу прибора, что влечёт за собой изменение фазы волны лазерного излучения вследствие дополнительного фазового набега. Это изменение фазы и является измеряемой величиной. Преимуществом лазерных деформографов перед механическими аналогами является, в первую очередь, исключение механического чувствительного элемента как такового. Прибор установлен на станции “Карымшина” в укрытом от осадков боксе и, с учетом влияния метеовеличин, имеет точность не хуже 10^{-7} [2]. При пластических деформациях таких порядков и более в осадочных породах возникают эффекты, при которых акустические сигналы генерируются в частотном диапазоне от десятков герц до первых килогерц. В работе [5] приведены оценки расстояния до источников генерации акустических импульсов, поэтому, из-за особенностей их распространения в указанном частотном диапазоне, был разработан и реализован комплекс с применением широкополосных пьезокерамических гидрофонов,

установленных в искусственных водоемах в непосредственной близости от деформографа [3,4].

Регистрация геодеформаций приповерхностных осадочных пород (рис.1) производилась с 2007 года, однако она сопровождалась с определенными трудностями, присущими любым измерениям на которые оказывают влияние изменение окружающей среды. Это воздействие возможно учитывать и исключать различными методами при интерпретации данных на малых масштабах времени.

Однако, при анализе данных за весь период наблюдений, пришлось удалять из рассмотрения суточные ряды данных, когда даже на короткий период регистрация прерывалась по каким-либо причинам. В связи с этим в первые два года, период становления измерений, невозможно было получить объективной оценки изменения геодеформаций на годовых масштабах времени. В последующем, количество пропусков в рядах данных существенно снизилось и это позволило частично восстановить картину годового деформационного процесса. На рис. 2а показан пример изменения геодеформаций за период март 2010 - февраль 2012 года.

Из-за большого колебания геодеформаций в годовом масштабе времени, суточные вариации получились слаженными и для объективной оценки изменения деформационного процесса были вычислены и построены графики медианных значений и среднеквадратичного отклонения разницы между максимальным и минимальным значением деформаций за сутки, осреднённые в недельном окне (рис. 2б).

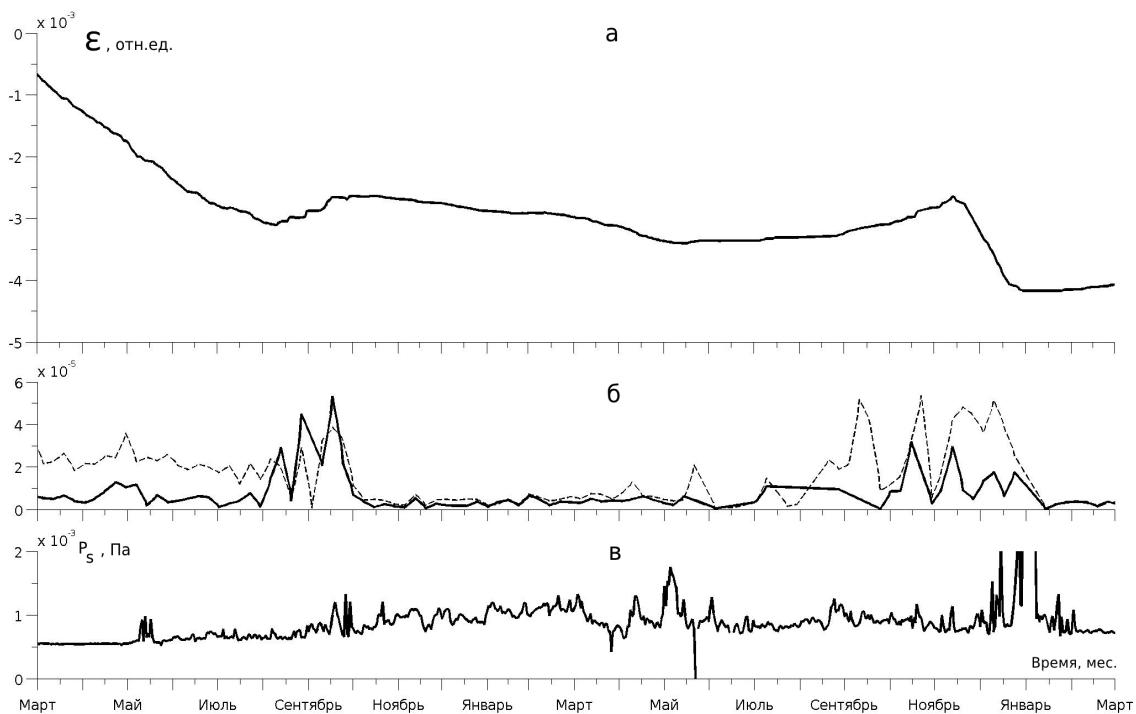


Рис. 2. Относительная деформация пород ε (а); медианные значения (пунктирная линия) и СКО (сплошная линия) разницы максимального и минимального значения деформаций за сутки, осредненные в недельном окне (б); акустическое давление P_s в диапазоне 0.6 - 2 кГц (в) за период 03.2010 г. – 02.2012 г.

Одновременно с измерениями геодеформаций производилась регистрация широкополосных акустических сигналов, которые в последующем проходили обработку цифровыми фильтрами и разбивались на частотные поддиапазоны для удобства изучения. Примеры геоакустических сигналов в семи частотных диапазонах в спокойные периоды и возмущенное поведение эмиссии показаны в работах [3-4]. Результаты совместных исследований

геоакустической эмиссии и деформаций подтвердили, что возмущенное поведение эмиссии в килогерцовом диапазоне частот наблюдаются при значительном увеличении скорости деформирования, как при сжатии, так и при растяжении приповерхностных пород. На рис. 2в показано акустическое давление, усредненное в суточном окне, в диапазоне 0.6 - 2 кГц. Из-за особенностей регистрации геоакустической эмиссии на станции "Карымшина на этот диапазон оказывается слабое влияние метеорологических факторов, но при этом в нем наиболее ярко проявляются возмущения деформационной природы. Осреднение данных в суточном окне позволило удалить кратковременные возмущения и выявить характерный уровень акустического давления на длительных временных интервалах. Следует отметить, что при выбранном динамическом диапазоне наиболее сильное возмущение геоакустической эмиссии в январе 2012 г. было искажено. Более детально этот период рассмотрен ниже.

Как следует из рис. 2 в течение длительных периодов наблюдаются преимущественные сжатия или растяжения пород, а наибольший интерес представляют две области, в которых происходила смена направления деформаций. На рис. 3 показан период с июля по ноябрь 2010 года, когда в деформационном процессе период преимущественного сжатия меняется на период преимущественного растяжения, а медианные значения и СКО показывают увеличение среднего значения и выброса относительно среднего значения суточных вариаций геодеформаций.

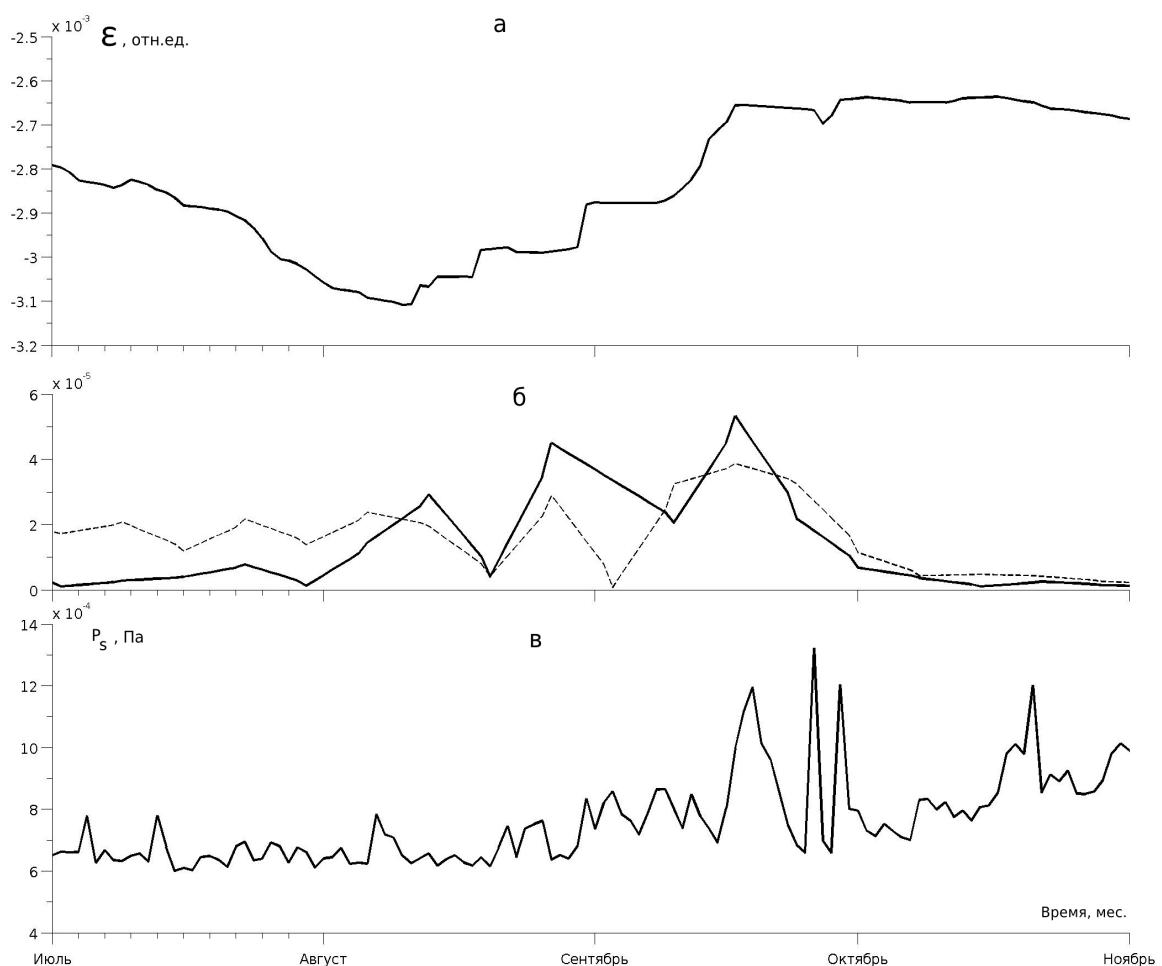


Рис. 3. Относительная деформация пород ϵ (а); медианные значения (пунктирная линия) и СКО (сплошная линия) разницы максимального и минимального значения деформаций за сутки, осредненные в недельном окне (б); акустическое давление P_s в диапазоне 0.6 - 2 кГц (в) за период июль – ноябрь 2010 г.

На рис. 4 представлен период с октября 2011 года по февраль 2012 года, когда произошла смена направлений деформации и резко увеличилась скорость преимущественного сжатия (рис. 4а), а так же возросла интенсивность деформаций за сутки (рис. 4б). Следует отметить, что такое сильное сжатие за достаточно короткий период времени было зарегистрировано впервые, в этот период выявлено и самое значительное возмущение геоакустической эмиссии.

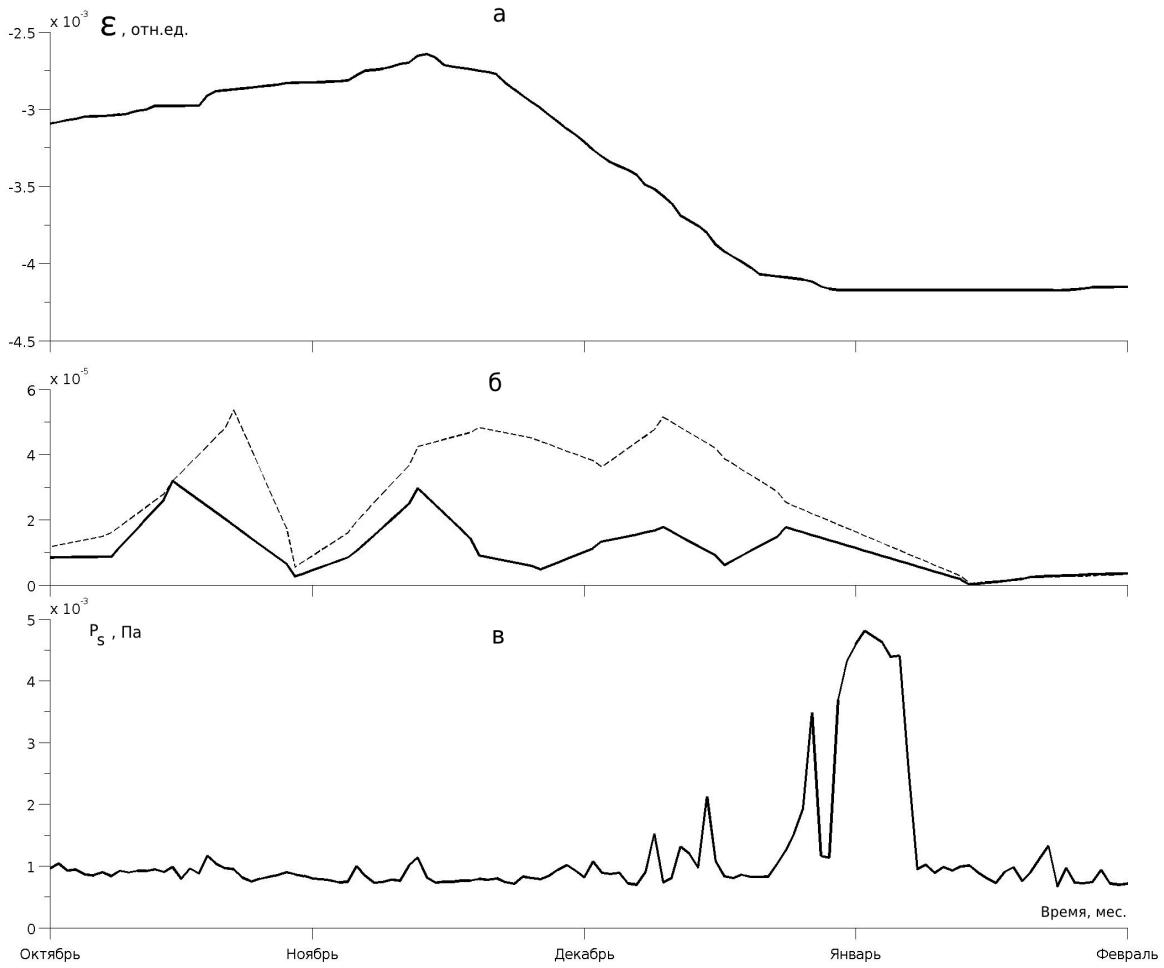


Рис. 4. Относительная деформация пород ε (а); медианные значения (пунктирная линия) и СКО (сплошная линия) разницы максимального и минимального значения деформаций за сутки, осредненные в недельном окне (б); акустическое давление P_s в диапазоне 0.6 - 2 кГц (в) за период 10.2011 г. – 02.2012 г.

Таким образом, в годовом ходе геодеформационного процесса присутствуют периоды преимущественного сжатия или растяжения пород продолжительностью несколько месяцев. В периоды изменения направления в деформациях, а также при увеличении скорости деформационного процесса возникают возмущения в деформациях и геоакустической эмиссии.

Литература

- Долгих Г.И., Валентин Д.И., Ковалев С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В., Фищенко В.К. Применение лазерных деформографов вертикальной и горизонтальной ориентации в геофизических исследованиях переходных зон // Физика земли. – 2002. – №8. С. 69-73.

2. Долгих Г.И., Купцов А.В., Ларионов И.А. и др. Деформационные и акустические предвестники землетрясений. // Доклады АН. 2007. Т.413. №1. С.96-100.
3. Купцов А.В., Ларионов И.А., Шевцов Б.М. Особенности геоакустической эмиссии при подготовке камчатских землетрясений. // Вулканология и сейсмология. 2005. №5. С.45-59.
4. Купцов А.В. Изменение характера геоакустической эмиссии в связи с землетрясением на Камчатке. // Физика Земли. – 2005. – №10. С. 59-65.
5. Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М., Ларионов И.А., Мищенко М.А., Щербина А.О., Солодчук А.А. Отклик геоакустической эмиссии на активизацию деформационных процессов при подготовке землетрясений // Тихоокеанская геология. – 2012. – Т. 31. – №6. С. 59-67

Peculiarities of sedimentary rock geodeformation processes at "Karimshina" station

Larionov I.A., Marapulets Yu.V., Mzhchenko M.A., Solodchuk A.A., Shevtsov B.M.

Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation FEBRAS, Russia

Results of investigation of geodeformation processes, which have been carried out within the Kamchatka peninsular seismo-active region since 2007, are presented. The peculiarity of the experiments is the application of a laser deformograph-interferometer, constructed according to the scheme for Michelson interferometer to register near surface sedimentary rock deformations. Together with deformation measurements, registration of geoacoustic emission was carried out by directed piezoceramic receivers in the frequency range from several hertz to tens of hertz. The paper presents the results of long-term simultaneous deformation-acoustic observations.