

DOI: 10.18454/2079-6641-2015-11-2-77-81

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.651+519.246.87

ОЧИСТКА СИГНАЛОВ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ОТ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ШУМОВ МЕТОДОМ РАЗРЕЖЕННОЙ АППРОКСИМАЦИИ

О.О. Луковенкова^{1, 2}

¹ Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, 684034, Камчатский край, п. Паратунка, ул. Мирная, 7

² Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, 683032, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Пограничная, 4

E-mail: o.o.lukovenkova@yandex.ru

В статье предложен способ очистки сигналов геоакустической эмиссии от природных и техногенных шумов, основанный на методе разреженной аппроксимации. С использованием данного метода удалось полностью очистить импульсы геоакустической эмиссии от паразитной составляющей.

Ключевые слова: разреженная аппроксимация, геоакустическая эмиссия, согласованное преследование, очистка от шумов

© Луковенкова О.О., 2015

INFORMATION AND COMPUTATION TECHNOLOGIES MSC 65D15

DENOISING OF GEOACOUSTIC EMISSION SIGNALS FROM NATIVE AND TECHNOGENIC NOISES USING THE SPARSE APPROXIMATION METHOD

O.O. Lukovenkova^{1, 2}

¹ Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation Far-Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, 684034, Kamchatskiy Kray, Paratunka, Mirnaya st., 7, Russia

² Kamchatka State University by Vitus Bering, 683032, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Pogranichnaya st., 4, Russia

E-mail: o.o.lukovenkova@yandex.ru

The approach of geoacoustic emission signals denoising from native and technogenic noises based on sparse approximation method is offered in this paper. The use of this means made it possible to clear geoacoustic emission pulses from technogenic parasitical component.

Key words: sparse approximation, geoacoustic emission, matching pursuit, denoising

© Lukovenkova O.O., 2015

Введение

Акустическая эмиссия в твердых телах – это упругие колебания, возникающие в результате деформаций среды, при этом характеристики возникающего импульсного излучения зависят от свойств происходящих пластичных процессов [1], именно этим обусловлен интерес исследователей к изучению явления эмиссии с целью развития методов акустической диагностики сред.

Акустическую эмиссию мезомасштабного диапазона принято называть «геоакустической эмиссией» (ГЭ) с указанием частотного диапазона или «мезомасштабной акустической эмиссией».

В случае умеренных шумов, когда наблюдаются отдельные импульсы, сигналы ГЭ легко выделяются на фоне помех разнообразной природы, благодаря своей специфической форме. Но иногда выделение импульсов усложняется наличием интенсивных шумов природного и техногенного характера, поэтому одной из подзадач анализа сигналов ГЭ является очистка импульсов от паразитных составляющих.

МОДЕЛЬ ИМПУЛЬСА ГЭ

В самом общем случае математическое описание импульса ГЭ $x(t)$ представляет собой сумму шума $\varepsilon(t)$ и некоторой функции $s(t)$, аналитическое выражение которой неизвестно:

$$x(t) = s(t) + \varepsilon(t), \|\varepsilon(t)\| < \|s(t)\|.$$

В рамках подхода разреженной аппроксимации (РА) сигнал $x(t)$ представим в виде суперпозиции конечного (минимально возможного) числа элементарных функций $g_m(t)$, называемых атомами:

$$s(t) \approx \sum_{m=0}^{N-1} a_m g_m(t). \quad (1)$$

Следует отметить, что в разложение (1) могут входить атомы, аппроксимирующие побочные компоненты сигнала, такие как паразитная импульсная наводка (ПИН), помехи и др., поэтому (1) можно представить следующим образом

$$\begin{cases} x(t) = \sum_{i=0}^{N_1-1} \alpha_i g_i(t) + \sum_{j=0}^{N_2-1} \beta_j g_j(t) + R_N \\ \varepsilon(t) = \sum_{j=0}^{N_2-1} \alpha_j g_j(t), \\ N_1 + N_2 \rightarrow \min, \end{cases} \quad (2)$$

где $g_i(t)$ — атомы, аппроксимирующие импульс, $g_j(t)$ — атомы, аппроксимирующие ПИН. Величина N_1 характеризует сложность структуры импульса, N_2 — зашумленность импульса. Невязка R_N определяет степень соответствия разложения реальному сигналу $x(t)$, при этом выполняется:

$$\left\| \sum_{j=0}^{N_2-1} \beta_j g_j(t) \right\| < \left\| \sum_{i=0}^{N_1-1} \alpha_i g_i(t) \right\|, \|R_N\| \ll \sum_{i=0}^{N_1-1} \alpha_i g_i(t).$$

т.е. импульс ГАЭ приближенно можно представить в виде:

$$\begin{cases} s(t) \approx \sum_{i=0}^{N_1-1} \alpha_i g_i(t) \\ N_1 \rightarrow \min, \end{cases}$$

а «паразитную» составляющую как

$$\varepsilon(t) = \sum_{j=0}^{N_2-1} \alpha_j g_j(t).$$

Т.к. большое искажение в сигналы ГАЭ вносят техногенные помехи импульсной природы, очистка сигналов ГАЭ проиллюстрирована на примере удаления из сигналов ПИН.

СПОСОБ ОЧИСТКИ СИГНАЛОВ ГАЭ

На рис. ?? изображены временные формы, РА, полученные адаптивным алгоритмом согласованного преследования ($L_{ERR} = 5\%$) [2-5], и частотно-временные представления сигналов, зашумленных ПИН.

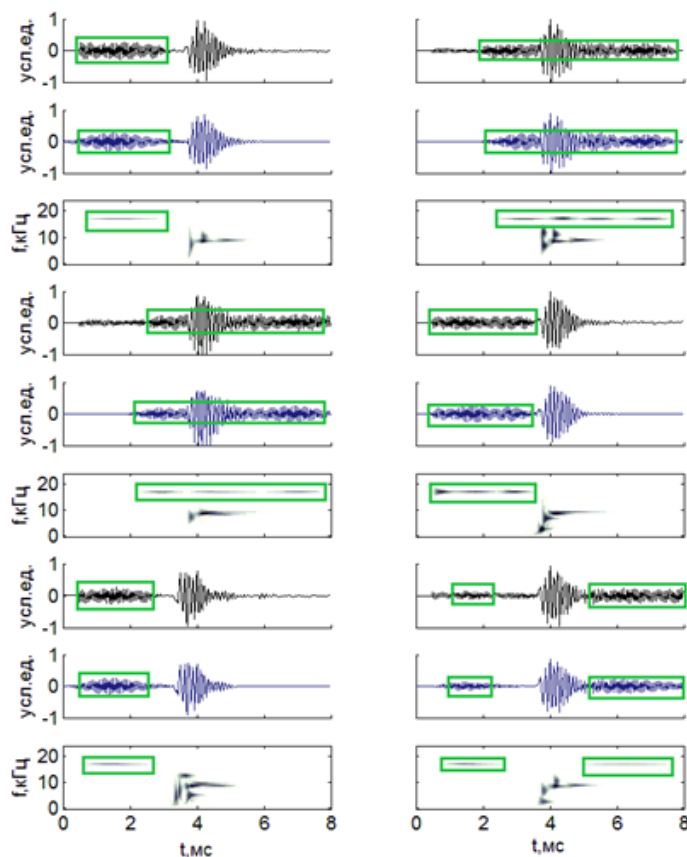


Рис. 1. ПИН в сигналах ГАЭ

На графиках ПИН выделена зеленой рамкой. По графикам аппроксимаций видно, что атомы ПИН включены в разложения.

Для очистки сигнала от шумов, необходимо удалить из РА атомы, описывающие ПИН. Для выбранных сигналов главным отличием ПИН от «чистого» сигнала является значение несущей частоты. Для отобранных сигналов частота атомов ПИН выше 15.2 кГц. На рис. 2 изображены графики сигналов ГАЭ за вычетом РА ПИН, РА и частотно-временные представления «чистой» составляющей сигнала.

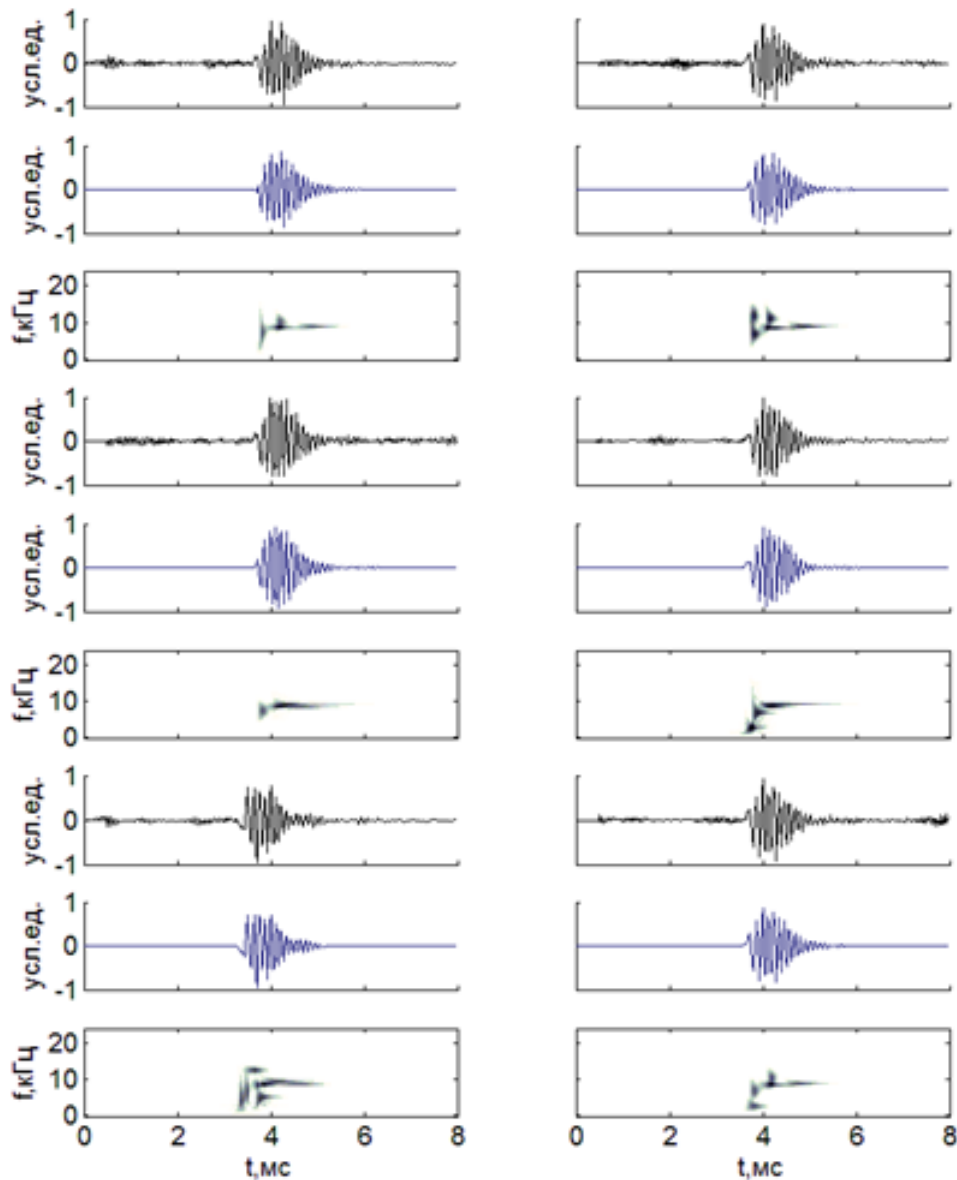


Рис. 2. Очищенные сигналы ГАЭ

Процесс очистки от шумов может быть обобщен для различного вида помех. На рис. ?? изображена блок-схема алгоритма очистки сигналов ГАЭ.

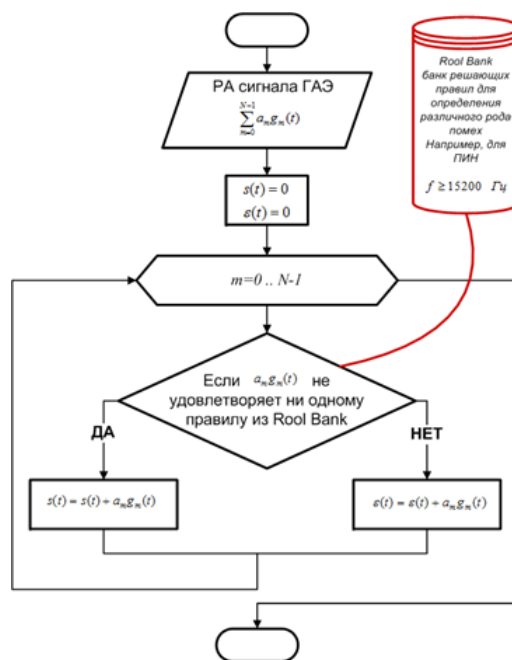


Рис. 3. Блок-схема очистки сигналов на основе их РА

Заключение

К преимуществам данного подхода можно отнести:

- 1) уход от использования фильтров, меняющих фазу сигнала;
- 2) возможность адаптивной фильтрации, например, удаление помех имеющих ту же частоту, что и «чистый» сигнал. В качестве критериев отбора атомов могут выступать значения не только частоты, но и других параметров. Для каждого вида помех могут быть сформированы свои собственные решающие правила.

Библиографический список

1. Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. Мезомасштабная акустическая эмиссия. Владивосток: Дальнаука, 2012.
2. Луковенкова О.О. Сравнение методов разреженной аппроксимации на примере сигналов геоакустической эмиссии // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2014. № 2 (9). С. 59-67. ISSN 2079-6641
3. Ким А.А. Использование методов параллельного программирования при частотно-временном анализе сигналов геоакустической эмиссии // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2014. № 2 (9). С. 68-74. ISSN 2079-6641
4. Афанасьева А.А., Луковенкова О.О. Методы обнаружения импульсов геоакустической эмиссии на основе алгоритмов разреженной аппроксимации и кластеризации // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2014. № 2 (7). С. 68-73. ISSN 2079-6641
5. Луковенкова О.О., Тристанов А.Б. Адаптивный алгоритм согласованного преследования с уточнением на смешанных словарях в анализе сигналов геоакустической эмиссии // Цифровая обработка сигналов. 2014. №2. С. 54-57.

Поступила в редакцию / Original article submitted: 03.11.2015