

УДК 534.21

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ СУТОЧНОГО ХОДА ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Солодчук А.А.

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

E-mail: aleksandra@ikir.ru

Разработана методика выявления суточного хода геоакустической эмиссии. В соответствии с методикой производится очистка сигнала от шума на основе вейвлет-преобразований, автоматизированный анализ наличия суточного хода и его интенсивности.

Ключевые слова: геоакустическая эмиссия, суточный ход, вейвлет-преобразование

© Солодчук А.А., 2012

MSC 65T60

METHOD FOR IDENTIFICATION OF GEOACOUSTIC EMISSION DAILY VARIATIONS

Solodchuk A.A.

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

E-mail: aleksandra@ikir.ru

The method for identification of geoacoustic emission daily variation was developed. According to this method, signal denoising, based on wavelet-transform, automated analysis of daily variation and its intensity are carried out.

Key words: geoacoustic emission, daily variation, wavelet-transformation

© Solodchuk A.A., 2012

Введение

На Камчатке с 1999 г. производится мониторинг сигналов геоакустической эмиссии (ГАЭ) [1], [2]. Для организации сбора геоакустических данных используется измерительный комплекс ИКИР ДВО РАН, установленный на дне озера Микижа, который состоит из 4-х гидрофонов, ориентированных по сторонам света [1]. Регистрация и первичный анализ сигналов ГАЭ осуществляется как во всем принимаемом диапазоне частот от 0.1 до 11000 Гц, так и на выходе полосовых фильтров, делящих частотный диапазон на несколько поддиапазонов: 0.1–10, 30–60, 70–200, 200–700, 700–2000, 2000–6500, 6500–11000 Гц. Такая система обеспечивает фильтрацию, накопление и визуализацию получаемых данных и позволяет оперативно выявлять акустические сигналы различной природы [3]. При выявлении суточного хода используется акустический сигнал, усредненный в часовом интервале.

Анализ геоакустической эмиссии

Первичный анализ геоакустической эмиссии показал что в данных присутствуют вариации похожие на суточный ход причем их амплитуда достигает максимума в 16:00–17:00 часов по местному времени (GMT+12). Наиболее ярко суточный ход наблюдается в диапазоне частот от 2000 до 6500 Гц, поэтому данный диапазон использовался для дальнейшего анализа.

Для выявления суточного хода была произведена очистка исходных данных от шумов на основе вейвлет-разложения. Вейвлеты (*wavelets*) – это обобщенное название временных функций, имеющих вид волновых пакетов той или иной формы, локализованных по оси независимой переменной и способных к сдвигу по ней и масштабированию (сжатию –растяжению). Вейвлеты создаются с помощью специальных базисных функций-прототипов, задающих их вид и свойства. Набор вейвлетов, в их временном и частотном представлении, может приближать сложный сигнал или изображение, причем идеально точно или с некоторой погрешностью. Вейвлеты имеют явные преимущества в представлении локальных особенностей функций по сравнению с рядами Фурье. Благодаря этому вейвлеты нашли практическое применение для анализа тонких особенностей сложных сигналов и изображений, для их сжатия и очистки от шума [4]. Шумовая составляющая сигнала создает детализирующие коэффициенты с высоким содержанием шумовых компонент, имеющих большие случайные выбросы значений сигнала. Поэтому, задав некоторый порог для их уровня и срезав по уровню детализирующие коэффициенты, можно уменьшить уровень шумов. Уровень ограничения можно устанавливать для каждого коэффициента отдельно, что позволяет на основе вейвлетов строить системы очистки сигналов, адаптивные к изменениям сигнала [4].

Методика очистки заключается в следующем. Сначала проводится одноуровневое дискретное одномерное вейвлет-преобразование, в результате которого образуются векторы коэффициентов аппроксимации и детализации. Затем используется пороговое ограничение значений коэффициентов детализации. После чего проводится обратное одноуровневое дискретное одномерное вейвлет-преобразование, которое возвращает вектор восстановления сигнала используемый в последующем анализе. Для очистки геоакустического сигнала как для прямого, так и для обратного вейвлет-

преобразований использовался ортогональный вейвлет Добеши db4, поскольку он наиболее точно аппроксимирует исходный сигнал [5].

На рис. 1 и рис. 2 представлен геоакустический сигнал до и после очистки.

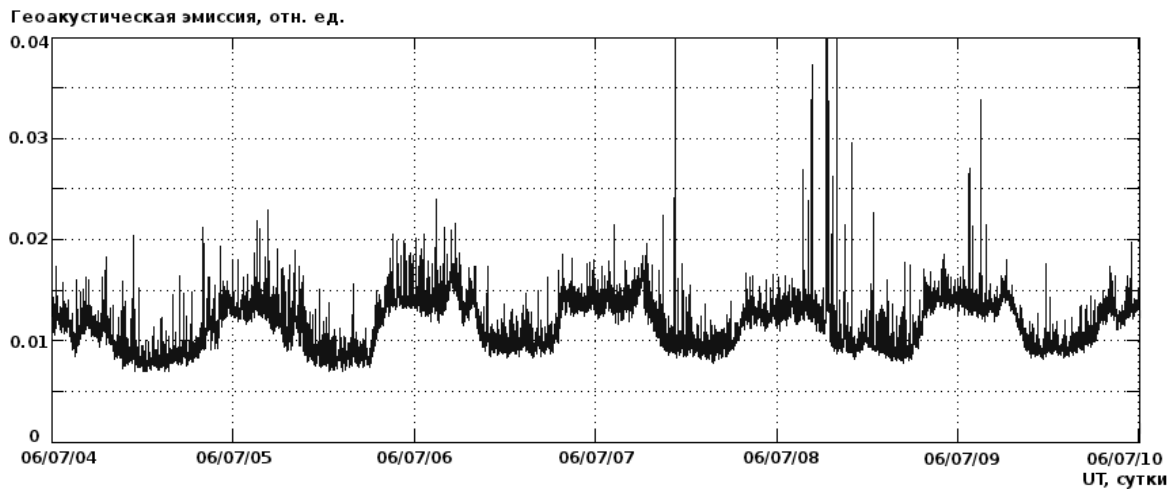


Рис. 1. Исходный геоакустический сигнал в диапазоне частот от 2000 до 6500 Гц

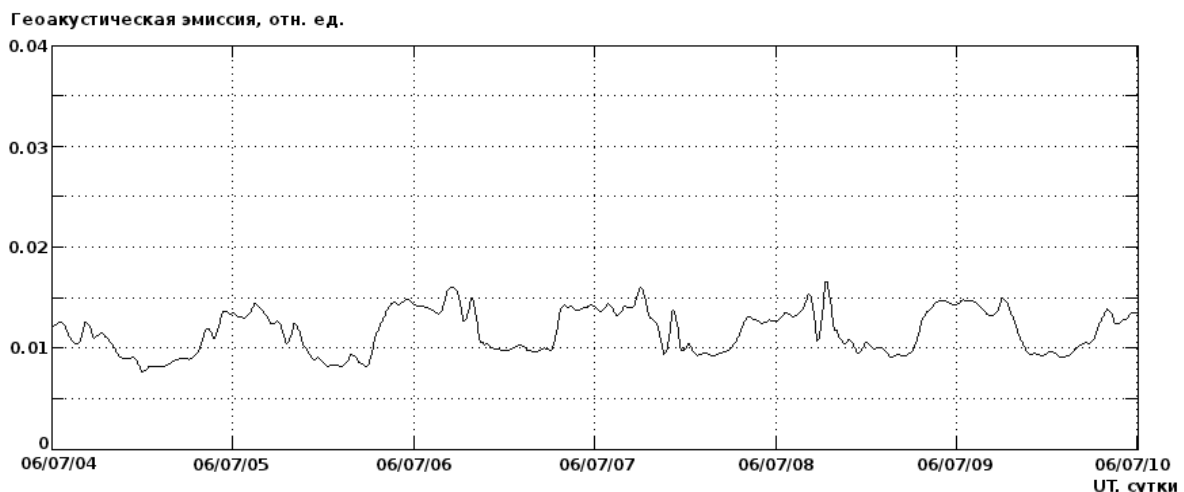


Рис. 2. Геоакустический сигнал после очистки

В результате корреляционного и спектрального анализа полученных данных установлено, что периодичность суточных вариаций составляет ровно 24 часа.

Далее было произведено выявление участков наличия суточного хода геоакустической эмиссии в течение года. Определение данных участков проводилось следующим образом. Очищенный сигнал центрировался, после чего просматривался полусуточным окном, в котором рассчитывалось математическое ожидание ряда. Наличием суточного хода считалась смена знака математического ожидания не менее 5 раз подряд в 72-часовом временном окне с шагом 12 часов для всего ряда (т.е. наличие периодичности не менее 3 суток).

В результате проведенного анализа установлено, что суточный ход наблюдается в течение всего года, иногда пропадая (рис. 3), при этом существуют периоды, когда суточные вариации ярко выражены, т. е. их интенсивность существенно увеличивается (рис. 4).

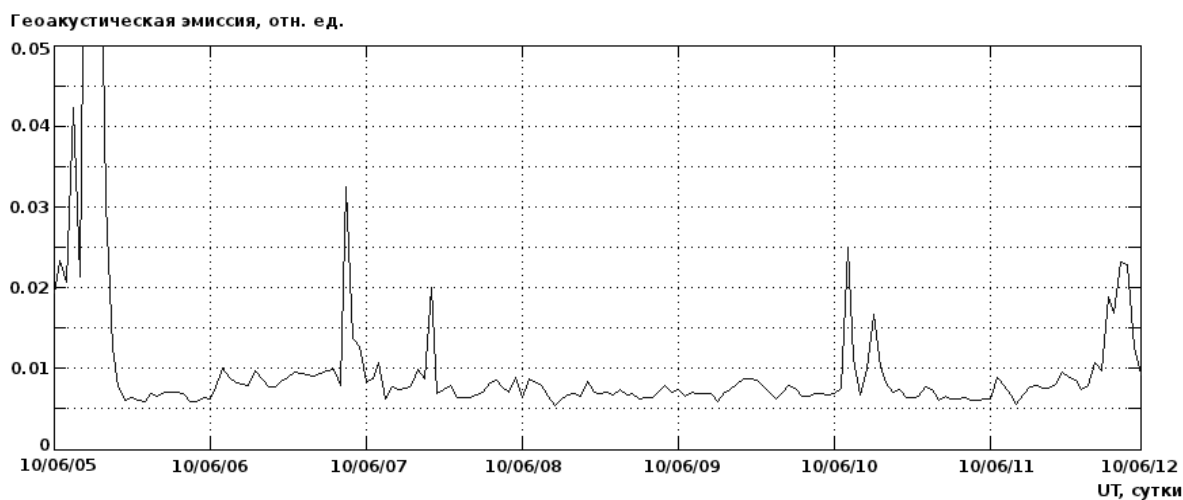


Рис. 3. Участок данных, на котором суточный ход ГАЭ не наблюдается

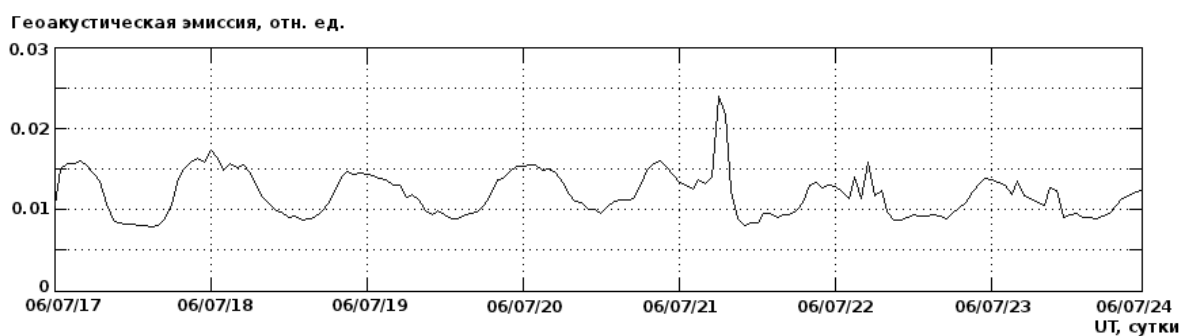


Рис. 4. Участок данных, на котором суточный ход ГАЭ наблюдается

Для выявления участков с ярко выраженным суточным ходом была использована вышеописанная методика с дополнительным пороговым ограничением. Для каждого года в качестве порога устанавливалось минимальное на всем участке наблюдаемый значение математического ожидания за 12 часов «тихих» суток, т.е. суток без сильных аномалий. Если установленный порог был превышен в 2 и более раз, то считалось, что суточный ход ГАЭ ярко выражен. Амплитуда и фаза суточного хода определялись сравнением исходного сигнала с эталонной синусоидой с периодом 24 часа, имеющей те же амплитуду и фазу, что и суточные вариации.

Разработанная методика реализована в комплексе программ [6]. На ее основе был проведен анализ геоакустических данных за 6 лет с 2006 по 2011 гг. Установлено, что суточный ход в каждом году ярко выражен приблизительно в одно и то же время – с конца июня до начала сентября (рис. 5). Причины его появления будут исследованы в последующих работах.

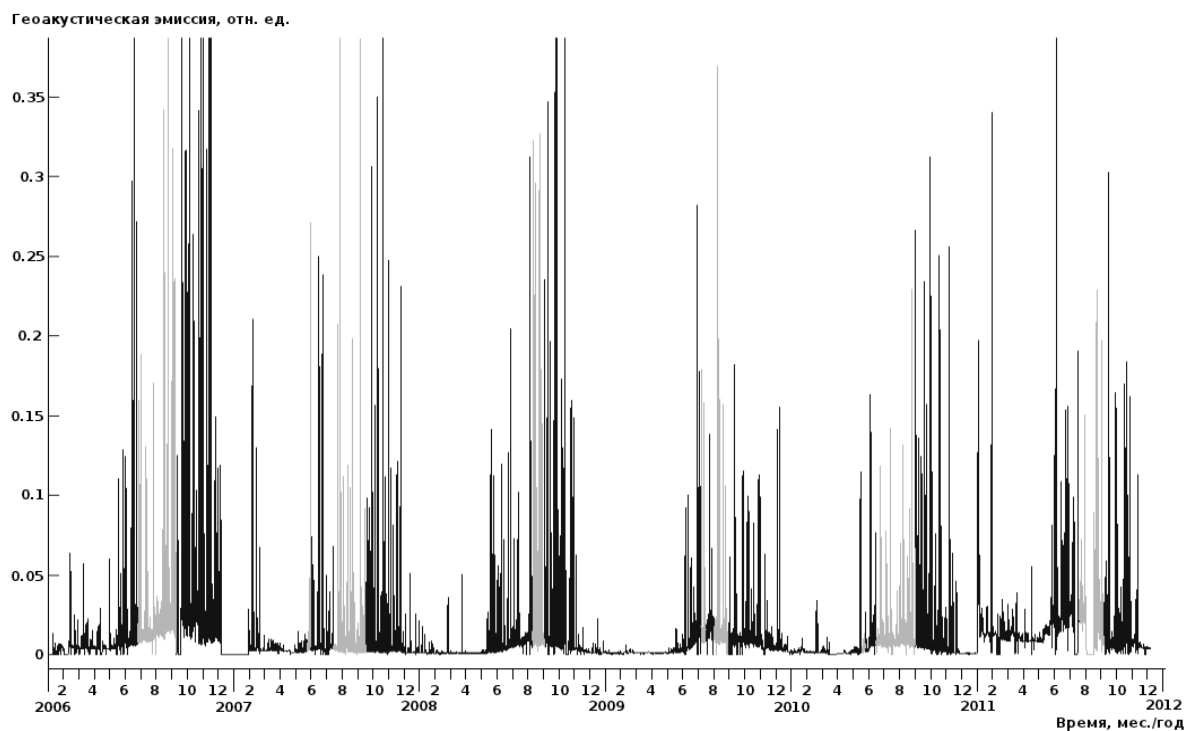


Рис. 5. Геоакустическая эмиссия за 6 лет (2006–2011), серым цветом выделены участки с ярко выраженным суточным ходом

Библиографический список

1. Купцов А.В., Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. Анализ изменений геоакустической эмиссии в процессе подготовки сильных землетрясений на Камчатке // Исследовано в России. 2004. С. 2809-2818.
2. Мищенко М.А. Статистический анализ возмущений геоакустической эмиссии, предшествующих сильным землетрясениям на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2011. №1 (2). С. 57-65.
3. Ларионов И. А., Мищенко М. А., Щербина А. О. Аппаратно-программный комплекс мониторинга геоакустической эмиссии // Вестник КРАУНЦ. Сер. Науки о Земле. 2005. № 2. С. 128-132.
4. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. М.: Солон-Р. 2002. 448 с.
5. Марапулец Ю.В., Мищенко М.А., Солодчук А.А. Метод выделения суточного хода геоакустической эмиссии на основе вейвлет-разложения // Научно-технические исследования в рыбохозяйственной отрасли Камчатского края: материалы ежегод. науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава и аспирантов КамчатГТУ, 5–7 мая 2009 г. Петропавловск-Камч.: КамчатГТУ, 2009. С. 86-89.
6. Солодчук А.А. Программный комплекс для исследования суточного хода геоакустической эмиссии: электрон. информ. образовательный ресурс // Наука и образование: хроники объединенного фонда электрон. ресурсов. 2011. № 11.

Поступила в редакцию / Original article submitted: 05.11.2012