

ИССЛЕДОВАНИЕ СУТОЧНОГО ХОДА ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ
НА ОЗЕРЕ МИКИЖА В ПЕРИОД 2006-2007 ГГ.

Солодчук А. А.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Научный руководитель: к.т.н. Маранулец Ю. В.

В работе представлены результаты исследования суточного хода геоакустической эмиссии. Установлено, что его периодичность составляет 24 часа, в большинстве случаев максимум наблюдается в дневные часы по местному времени. Показано, что под влиянием сейсмотектонического процесса амплитуда и фаза суточного хода могут изменяться.

Для анализа суточного хода геоакустической эмиссии (ГАЭ) использовались данные, полученные с помощью измерительного комплекса ИКИР ДВО РАН, установленного на дне озера Микижа [3]. Данный комплекс состоит из 4 гидрофонов, которые ориентированы по сторонам света (кроме запада) и один направлен вертикально вниз. Регистрация и первичный анализ сигналов ГАЭ производится как во всем принимаемом диапазоне частот (0.1 - 11000 Гц), так и на выходе полосовых фильтров, делящих частотный диапазон на несколько поддиапазонов. Такая система позволяет оперативно выявлять акустические сигналы различной природы и при этом анализировать их в широком диапазоне. Сигналы в диапазоне от 0,1 до 11000 Гц поступают на входы цифровых фильтров в диапазонах частот: 0.1–10, 30–60, 70–200, 200–700, 700–2000, 2000–6500, 6500–11000 Гц, далее накапливаются за 4 секунды и записываются на жесткий диск персонального компьютера [4].

Первые три частотных диапазона сильно зашумлены, поэтому выявление суточного хода в них достаточно сложно. Для анализа был использован 6 диапазон, в котором превышение суточного хода над средним уровнем составило 1.26 раза (рис. 1).

Для выделения суточного хода была произведена очистка исходных данных от паразитных 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 [1].

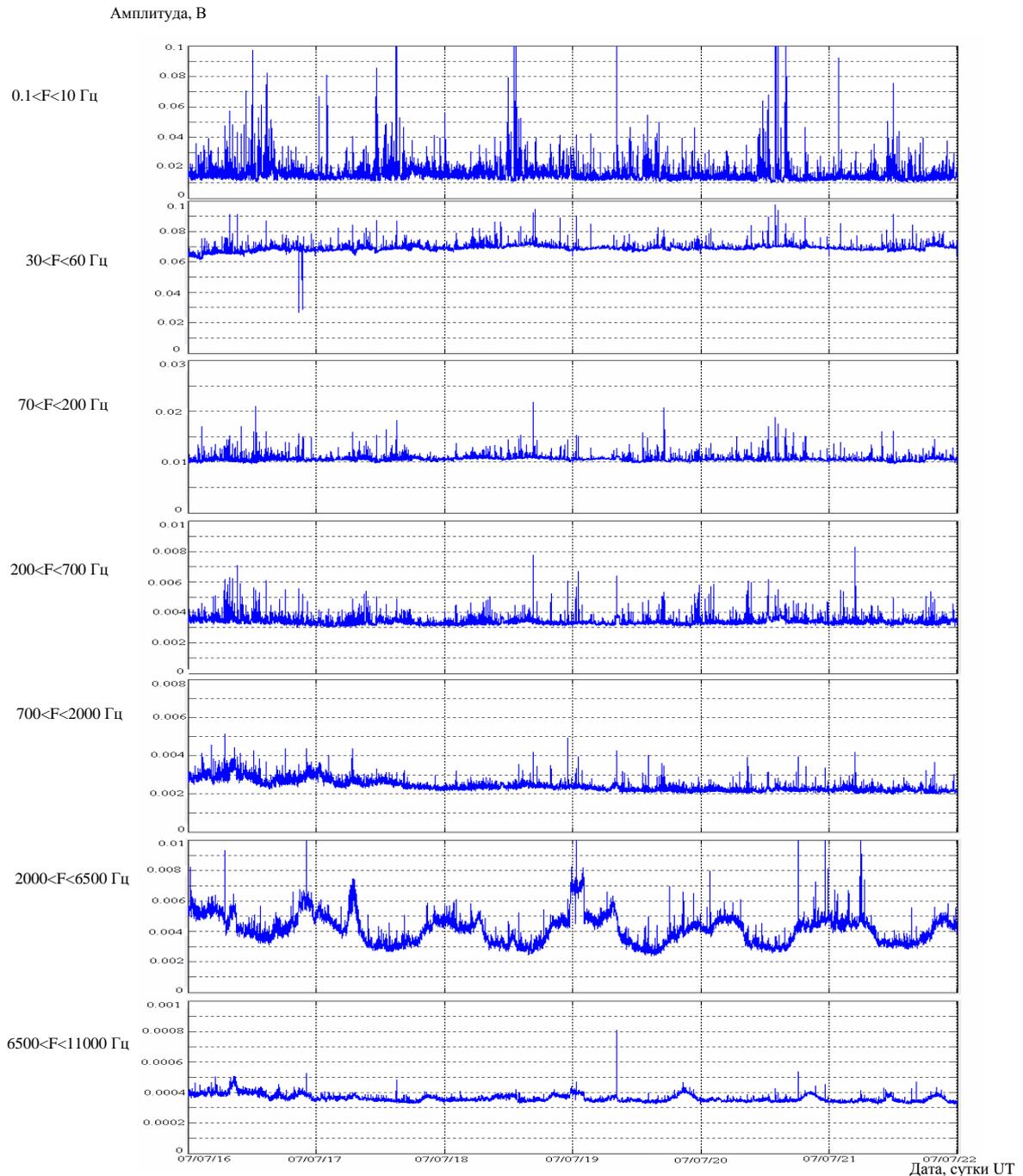


Рис. 1. Пример данных в семи диапазонах частот за 6 дней

Для удаления шумов и сжатия сигналов и изображений обычно используется хорошо известный из техники фильтрации прием – удаление высокочастотных составляющих из спектра сигнала. Однако применительно к вейвлетам есть еще один путь – ограничение уровня детализирующих коэффициентов.

Кратковременные особенности сигнала (к ним можно отнести и шумы в виде множества таких особенностей) создают детализирующие коэффициенты с высоким содержанием шумовых компонент, имеющих большие случайные выбросы значений

сигнала. 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 от шума, адаптивные к изменениям сигнала [1].

Метод очистки заключается в следующем. Сначала проводится одноуровневое дискретное одномерное вейвлет-преобразование, в результате которого получаем векторы коэффициентов аппроксимации и детализации. Затем детализирующие коэффициенты, содержащие высокий уровень шумовых компонент обнуляются. Далее проводится обратное одноуровневое дискретное одномерное вейвлет-преобразование, которое возвращает вектор восстановления сигнала.

Для очистки геоакустического сигнала как для прямого так и для обратного вейвлет-преобразований использовался вейвлет Добеши db4, т.к. анализ с помощью него относится к ортогональному типу и обеспечивается принципиальная возможность реконструкции сигналов и функций. Кроме того, форма этой вейвлет-функции близка к форме исходного сигнала. График вейвлет - функции Добеши db 4 представлена на рис. 2 [2].

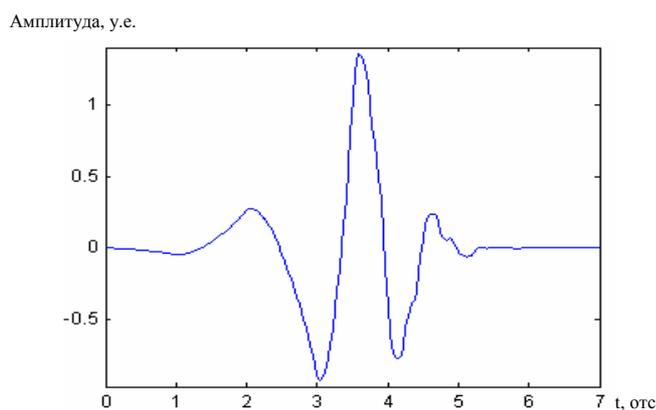


Рис. 2 График вейвлет - функции Добеши db 4

На рис. 3 представлены результаты очистки данных.

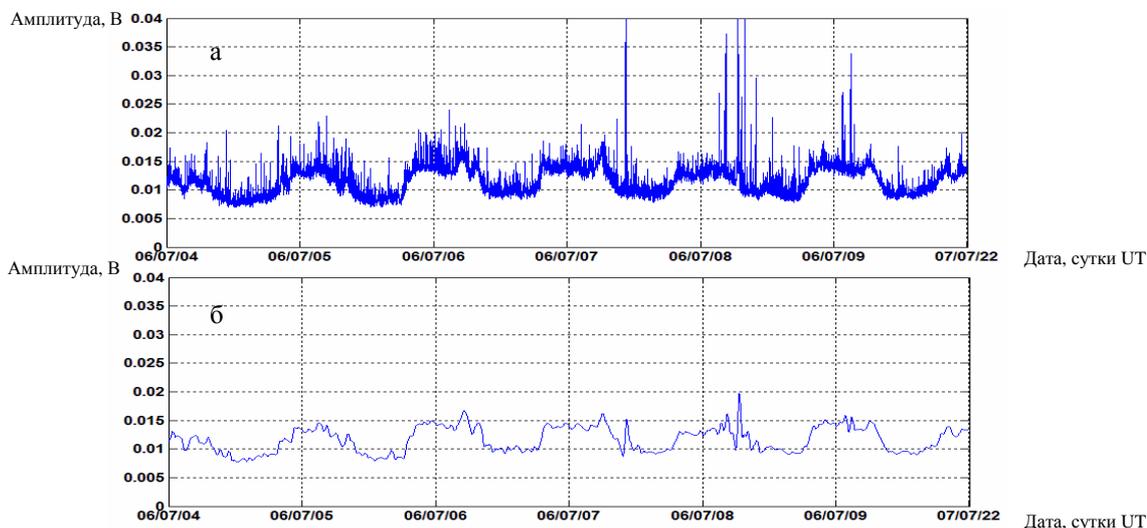


Рис. 3. а – исходные данные, б – очищенные.

После очистки сигнала был произведен первичный анализ поведения суточного хода геоакустической эмиссии. Установлено, что существуют периоды, в которые суточный ход наблюдается очень ярко и периоды, в которых он не наблюдается вообще. Исследование периодичности суточного хода показало, что она составляет 24 часа, причем в большинстве случаев максимальная активность наблюдалась в дневные часы по местному времени. Для определения амплитуды и фазы суточного хода было проведено сравнение исходного сигнала с эталонным, представляющим собой синусоиду, имеющую те же характеристики, что и суточный ход.

В результате анализа было установлено, что амплитуда и фаза меняются скачкообразно, причем эти изменения практически везде происходят синхронно. Дальнейшим направлением работ было выяснение факторов, влияющих на такое поведение суточного хода. Наиболее вероятными из них было влияние метеофакторов и сейсмотектонического процесса на заключительной стадии подготовки землетрясений.

Исследование поведения метеопараметров (осадки, ветер, атмосферное давление, влажность) показал, что они не оказывают существенного влияния на поведение суточного хода. Сравнительный анализ суточного хода и достаточно сильных близких сейсмических событий показал (данные по землетрясениям КФ ГС РАН), что его амплитуда и фаза меняются непосредственно после землетрясений. На рис. 4 показан график изменения амплитуды и фазы суточного хода геоакустической эмиссии. Стрелками отмечены сейсмические события с указанием их класса.

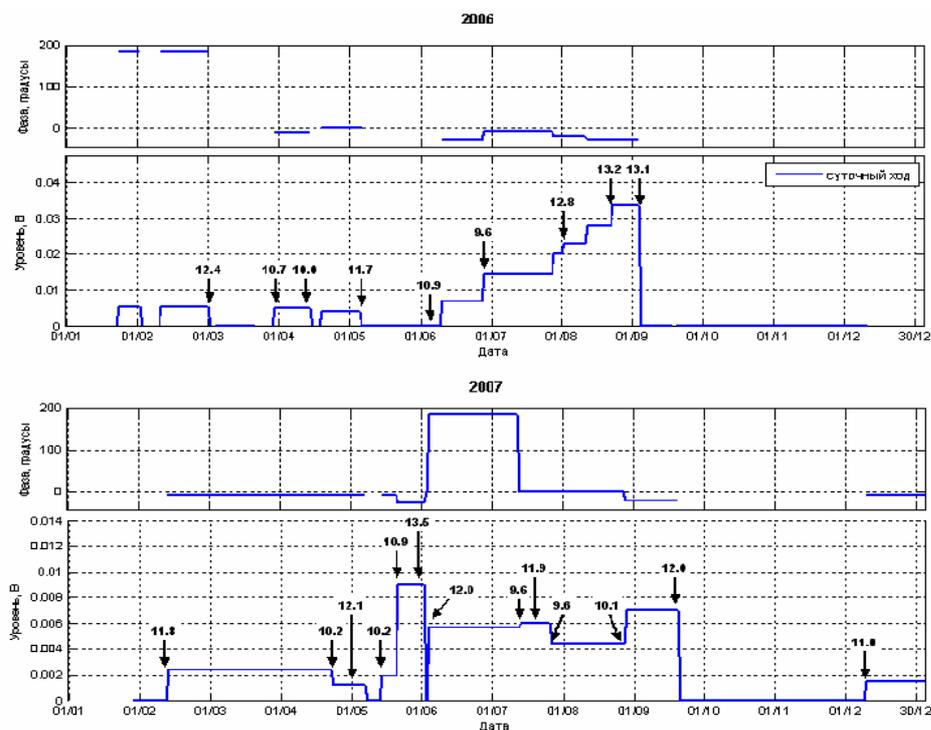


Рис.4. График изменения уровня и фазы суточного хода

За нулевую фазу суточного хода принята фаза эталонной синусоиды, сдвинутой на 65.9° (4,4 часа от начала суток по Гринвичу). Пробелы на графике изменения уровня означают отсутствие данных, а на графике изменения фазы либо отсутствие данных, либо отсутствие суточного хода.

На рис.5 представлен график поведения суточного хода в окрестности землетрясения класса 12.8, произошедшего 31.07.2006 в 18:36 UT.

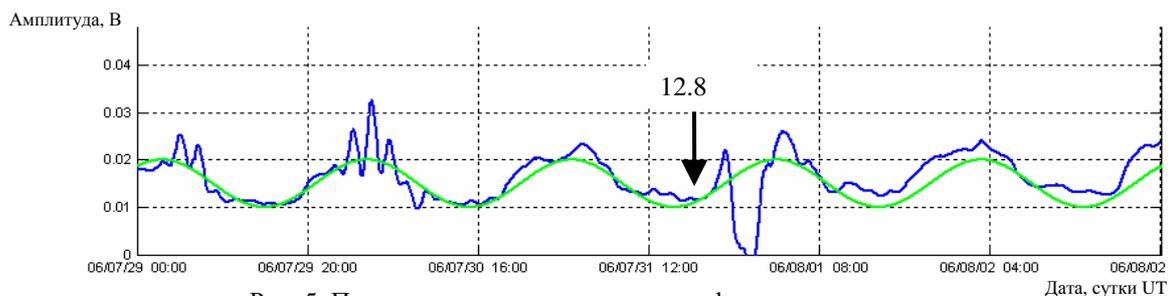


Рис. 5. Пример изменения амплитуды и фазы суточного хода в момент землетрясения (показано стрелочкой) 31.07.2006 18:36 UT

Выводы

1. Суточный ход наблюдается во всех диапазонах частот. Для анализа данных был выбран б диапазон, т.к. именно в этом диапазоне суточный ход геоакустической эмиссии выявляется наиболее ярко. Наряду с этим существуют периоды, в которые суточный ход не наблюдается вообще.
2. Периодичность суточного хода составляет 24 часа, причем в большинстве случаев максимум наблюдается в дневные часы по местному времени.
3. Установлено, что под влиянием сейсмотектонического процесса амплитуда и фаза суточного хода могут скачкообразно меняться, причем эти изменения в основном происходят синхронно.

Литература.

1. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. - М.: СОЛОН-Р, - 2002. - 448 с.
2. Дьяконов В.П. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с
3. Купцов А.В., Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. Анализ изменений геоакустической эмиссии в процессе подготовки сильных землетрясений на Камчатке. // Исследовано в России, 2004 г., С. 2809-2818, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/262.pdf>.
4. Ларионов И. А., Мищенко М. А., Щербина А. О. Аппаратно-програмный комплекс мониторинга геоакустической эмиссии // Вестник. КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2005. Вып. № 2. С. 128-132

INVESTIGATION OF GEOACOUSTIC EMISSION DAILY VARIATION AT MIKIZHA LAKE DURING 2006-2007.

Sologchuk A.A.

In the paper the results of investigation of geoacoustic emission daily variation are presented. It was established that its periodicity is 24 hours, in most cases the maximum is observed during day LT. It was shown that under the influence of a seismic process amplitude and phase of daily variation may change.