

Результаты исследования суточных вариаций геоакустической эмиссии на озере Микижа в период 2006-2011 гг.

МАРАПУЛЕЦ Ю.В., СОЛОДЧУК А.А., МИЩЕНКО М.А.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
Россия

marpl@ikir.ru, aleksandra@ikir.ru

На Камчатке с 1999 г. производится мониторинг сигналов геоакустической эмиссии (ГАЭ). [1]. Сбор данных осуществляется с помощью измерительного комплекса, особенностью которого является использование 4 пьезокерамических гидрофонов, установленных у дна озера Микижа. 3 гидрофона ориентированы по сторонам света кроме запада и один направлен вертикально вниз [1]. Регистрация и 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 [2].

Первичный анализ геоакустической эмиссии показал наличие вариаций, которые похожи на суточный ход, причем их амплитуда достигает максимума в период с 04.00 до 05.00 часов UTC (дневное время в месте регистрации). Наиболее ярко суточный ход наблюдается в диапазоне частот от 2.0 до 6.5 кГц, поэтому данный диапазон, очищенный от естественных шумов на основе вейвлет-преобразования [3, 4], использовался в последующем анализе. Анализ данных производился с гидрофона, ориентированного на восток, в сторону сейсмофокальной зоны.

Для выявления периодических составляющих был проведен спектральный анализ участков данных без сильных возмущений, в результате которого с точностью до 1 часа установлено, что периодичность суточных вариаций составляет 24 часа (рис 1). Для более точной оценки необходим ряд данных длительностью не менее одного года. Такие продолжительные ряды без сильных возмущений отсутствуют, поэтому для уточнения периода суточного хода было проведено его сравнение с гармоникой равной 24 часа ровно, а также с наиболее мощными приливными волнами.

Поскольку каждая частица любой геосферы (атмосферы, океана, литосферы) находится под влиянием сил тяготения Земли и окружающих небесных тел [5], есть вероятность того, что приливные волны оказывают влияние на периодичность суточного хода ГАЭ. Приливное гравитационное воздействие представляет собой набор волн с фиксированными периодами. Волны разделяются на три группы: долгопериодные, суточные и полусуточные [5]. В суточной группе наиболее мощными волнами являются лунная деклиналонная волна M_{K1} (период 23.93 ч), солнечная главная P_1 (период 24.07 ч) и лунная главная O_1 (период 25.82 ч), в полусуточной группе – лунная главная M_2 (период 12.42 ч), солнечная главная S_2 (период 12.00 ч) и лунная большая эллиптическая N_2 (период 12.66 ч) волны [5]. Долгопериодные и полусуточные волны не представляют интереса для данного исследования, исходя из результатов проведенного спектрального анализа. Поэтому суточный ход ГАЭ сравнивался с синусоидами, имеющими одинаковые фазы, периоды которых равны 23.93 ч, 24.07 ч (соответствуют периодам суточных приливных волн) и 24.00 ч. Для анализа использовались участки данных длительностью 30 суток. За последние сутки с применением корреляционного анализа (рассчитывалась взаимная

корреляционная функция) оценивались сдвиги сигналов относительно друг друга. В результате установлено, что периодичность суточного хода ГАЭ составляет ровно 24 часа, соответственно приливные волны не оказывают на нее существенного влияния. Заметим, что в работе [6] для выделения периодических компонент в высокочастотных сейсмических шумах использовалась похожая методика генерации эталонной синусоиды.

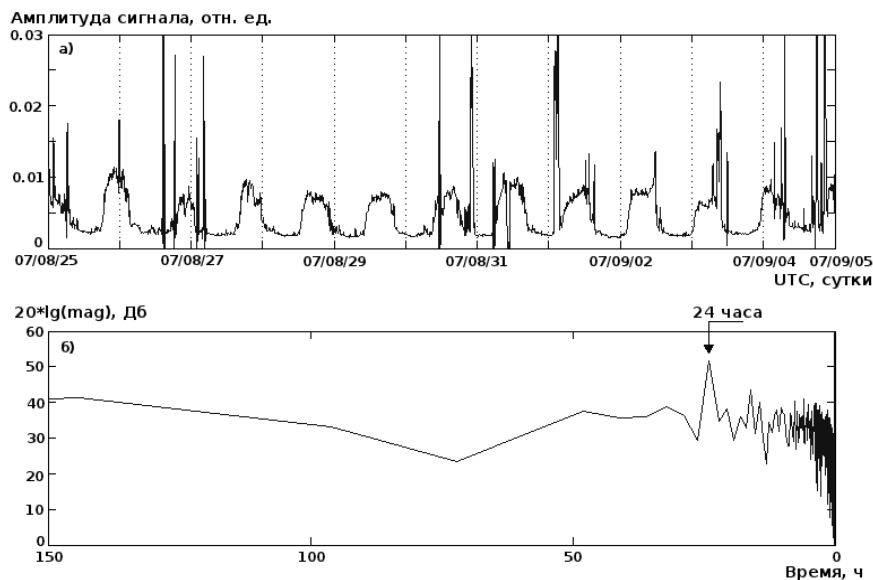


Рис. 1. Участок очищенного сигнала ГАЭ с 25.08.2007 по 05.09.2007 (а), периодограмма данного участка (б)

Определение участков наличия суточного хода геоакустической эмиссии проводилось по следующей методике. 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) [7].

В результате проведенного анализа установлено, что суточный ход наблюдается в течение всего года с незначительными перерывами, также существуют периоды, когда суточные вариации ярко выражены, т. е. их интенсивность существенно увеличивается.

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 наблюдений значение математического ожидания за 12 часов суток без сильных возмущений. Если установленный порог был превышен в 2 и более раза, то считалось, что суточный ход ГАЭ ярко выражен. Амплитуда и фаза суточного хода определялись сравнением исходного сигнала с эталонной синусоидой с периодом 24.00 ч, имеющей те же амплитуды характеристики, что и суточные вариации [7].

На основе разработанной методики был проведен анализ геоакустических данных за 6 лет с 2006 по 2011 гг. Установлено, что суточный ход наиболее ярко наблюдается в летние периоды, когда устанавливается максимальная среднесуточная температура и достаточно резко пропадает в сентябре, при ее снижении. Следует отметить, в этот период наблюдается сезонный максимум активности геоакустической эмиссии, связанной с сейсмотектоническим процессом (рис. 2). Поэтому далее была проанализирована связь суточного хода ГАЭ с метеопараметрами и сейсмическими событиями. Выявлялись случаи, когда интенсивность суточных вариаций эмиссии значительно увеличивалась или уменьшалась.

Далее в эти периоды анализировалось наличие сильных сейсмических событий, а также сильного ветра, дождя, резких скачков атмосферного давления и температуры. Было установлено, что в 16 случаях из 132 (12.12%) интенсивность суточного хода изменялась в трехсуточном временном интервале перед землетрясениями, в 17 случаях из 132 (12.88%) – после. При анализе рассматривались события более 11.0 класса на расстоянии до 350 км. Таким образом, почти в 90% случаях связь между изменениями интенсивности суточного хода и сейсмическими событиями не была выявлена. Связи между интенсивностью суточного хода эмиссии и наличием осадков, усилением ветра, и резким изменением атмосферного давления не выявлено. Для сравнения поведения ярко выраженного суточного хода с вариациями температуры были произведены расчеты коэффициентов корреляции и построены взаимные корреляционные функции, показывающие временные задержки между регистрируемыми параметрами. Установлено, что коэффициенты корреляции между исследуемыми процессами варьируются от 0.85 до 0.97 при уровне значимости 0.05, и временная задержка между ними отсутствует. Таким образом, между вариациями температуры и ГАЭ выявлена тесная связь, в то время как сейсмические события не оказывают существенного влияния на поведение суточного хода ГАЭ.

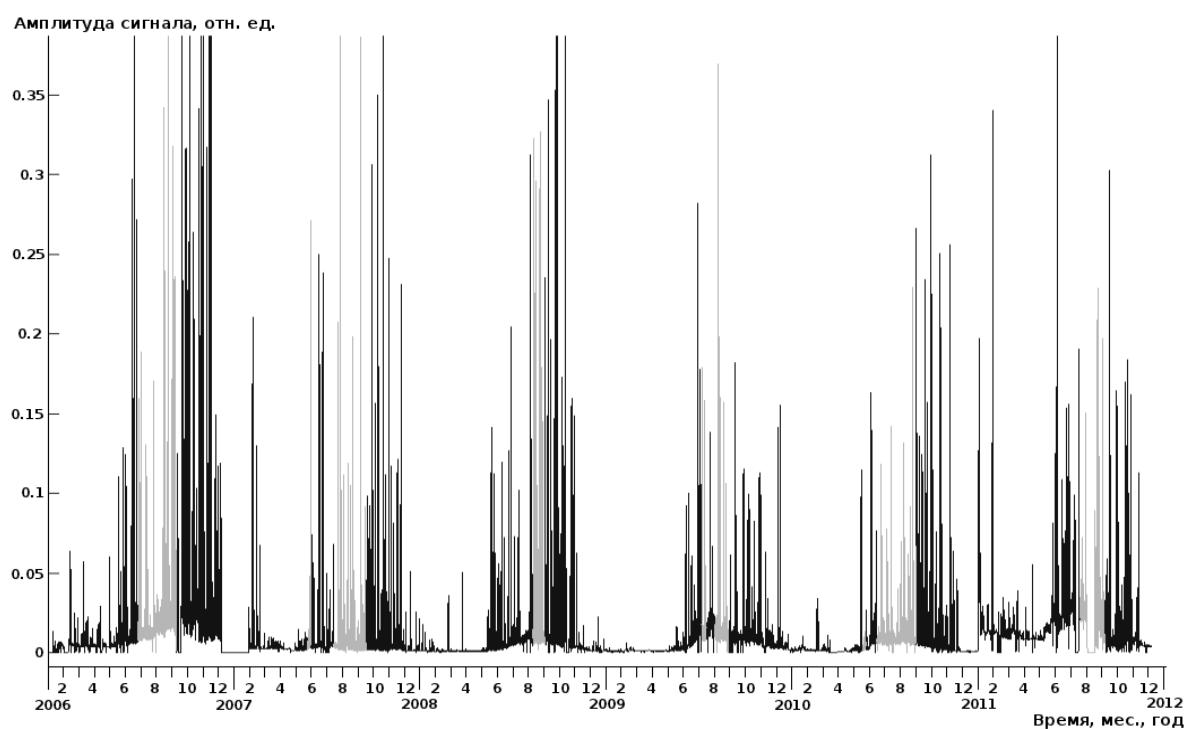


Рис. 2. Геоакустическая эмиссия в диапазоне 2.0 – 6.5 кГц за 6 лет (2006 - 2011 гг.), серым цветом выделены участки с ярко выраженным суточным ходом

Далее были проанализированы записи геоакустических сигналов (рис. 3, 4) и их спектров в периоды, где суточный ход имеет максимум и минимум.

Из приведенных рисунков видно, что в максимуме суточного хода акустический сигнал более зашумлен. Анализ спектра в этот период показывает повышенный уровень в спектральных компонентах в диапазоне от 400 Гц до 5-6 КГц. Следует отметить, что уровень шумов повышается в дневное время с ростом температуры, а в ночное время с уменьшением температуры – понижается. Исходя из этого, а также с учетом того, что гидрофон установлен в водной среде, наиболее вероятной причиной появления суточного хода ГАЭ является конвективное перемешивание воды при ее нагревании в дневное время. Оно приводит к повышению уровня естественных шумов водоема, а также шумов, обусловленных обтеканием корпуса гидрофона.

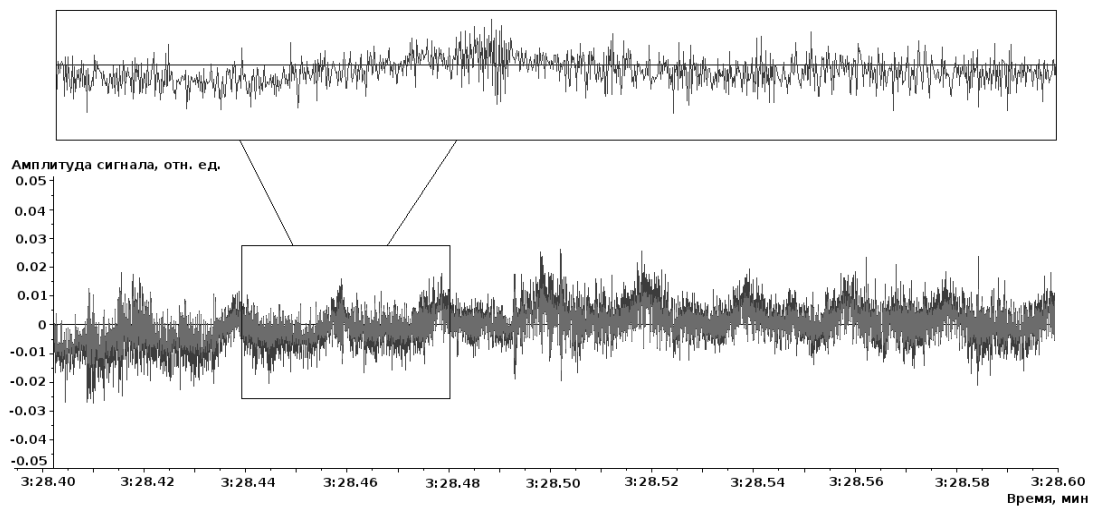


Рис. 3. Фрагмент записи геоакустического сигнала, на котором наблюдается максимум суточного хода

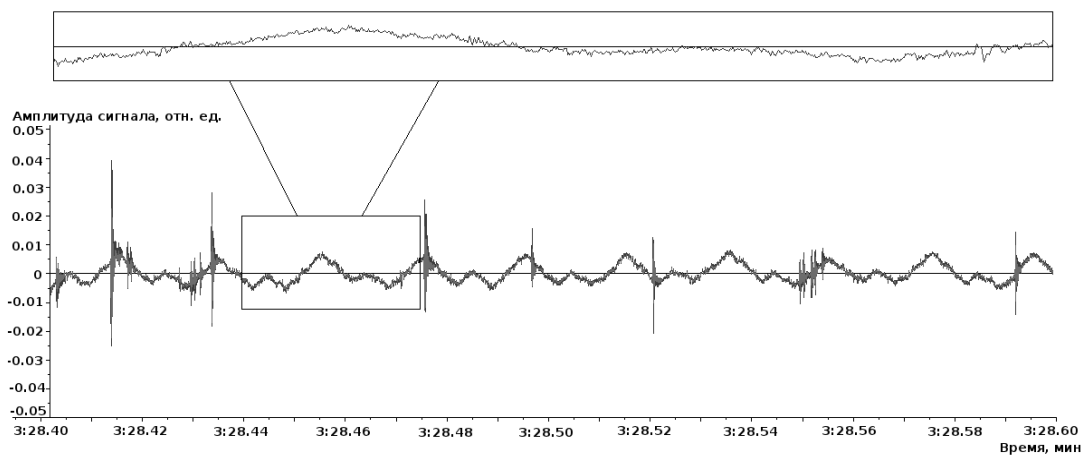


Рис. 4. Фрагмент записи геоакустического сигнала, на котором наблюдается минимум суточного хода

Литература

1. *Купцов А.В., Марапудец Ю.В., Шевцов Б.М.* Анализ изменений геоакустической эмиссии в процессе подготовки сильных землетрясений на Камчатке // Электронный журнал “Исследовано в России”. – 2004. - № 262. - С. 2809-2818. - URL <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/262.pdf> (дата обращения: 30.04.2013).
2. *Щербина А.О., Мищенко М.А., Ларионов И.А.* Аппаратно-программный комплекс мониторинга геоакустической эмиссии // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле. - 2005. - № 2 (6). - С. 128-132.
3. *Солодчук А.А.* Исследование суточного хода геоакустической эмиссии на озере Микижа в период 2006-2007 гг. // Труды региональной молодежной научной конференции “Исследования в области наук о Земле”. - Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. В. Беринга. - 2008. - С. 99-103.
4. *Солодчук А.А.* // Электронный информационный образовательный ресурс: “Программный комплекс для исследования суточного хода геоакустической эмиссии” // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов “Наука и образование”. - № 11. - 2011. - URL <http://ofernio.ru/portal/newspaper/ofernio/2011/11.doc> (дата обращения: 30.04.2013).
5. *Сидоренков Н.С.* Атмосферные процессы и вращение Земли. – СПб.: Гидрометиздат. - 2002. – 200 с.
6. *Салтыков В.А., Синицын В.И., Чебров В.Н.* Вариации приливной компоненты высокочастотного сейсмического шума в результате изменений напряженного состояния среды // Вулканология и сейсмология. - 1997. - №4. - С. 73-83.
7. *Солодчук А.А.* Методика выявления суточного хода геоакустической эмиссии // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2012. - №2 (5). – С. 69-73.

The results of investigation of geoaoustic emission daily variation at Mikizha Lake during 2006-2011

Solodchuk A.A., Marapulets Yu.V., Mishchenko M.A.

Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation FEB RAS, Russia

The paper presents the results of investigation of geoaoustic emission daily variation at Mikizha Lake during 2006-2011. It was established, that periodicity of daily variations is 24 hours and its amplitude reaches maximum during day LT. The influence of tidal waves and meteorological processes on the behavior of daily variation was investigated.