

О СУТОЧНЫХ ВАРИАЦИЯХ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ НА ПУНКТЕ НАБЛЮДЕНИЙ «МИКИЖА» В ПЕРИОД 2006–2011 гг.

А.А. Солдчук

ON GEOACOUSTIC EMISSION DIURNAL VARIATIONS AT MIKIZHA SITE DURING 2006–2011

A.A. Solodchuk

Данная работа посвящена исследованию суточного хода геоакустической эмиссии. Установлено, что периодичность суточных вариаций составляет 24 ч, суточный ход наблюдается в течение года с незначительными перерывами; также существуют периоды, когда интенсивность суточных вариаций существенно увеличивается. Исследовано влияние приливных волн, метеорологических процессов и землетрясений на поведение суточного хода.

The present paper is devoted to investigation of geoacoustic emission diurnal variations. It was established that diurnal variation periodicity is 24 hours, the diurnal variation is observed during a year with some insignificant interruptions; also there are periods with considerable increases of diurnal variation intensity. The effects of tidal waves, meteorological processes and earthquakes on diurnal variation were investigated.

Геоакустическая эмиссия (ГАЭ) – излучение упругих волн, возникающее в процессе перестройки внутренней структуры земной коры при пластических деформациях. На Камчатке мониторинг сигналов геоакустической эмиссии производится с 1999 г. Сбор данных осуществляется с помощью измерительного комплекса, особенностью которого является использование четырех пьезокерамических гидрофонов, установленных у дна озера Микижа. Три гидрофона ориентированы по сторонам света, кроме запада, и один направлен вертикально вниз [Купцов и др., 2004]. 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 [Щербина и др., 2005].

Первичный анализ ГАЭ показал наличие вариаций, которые похожи на суточный ход, причем их амплитуда достигает максимума в период с 04:00 до 05:00 ч UTC (дневное время в месте регистрации). Наиболее ярко суточный ход наблюдается в диапазоне частот от 2.0 до 6.5 кГц, поэтому данный диапазон вывелет-преобразования [Солдчук, 2011], использовался в последующем анализе. Для выявления периодических составляющих был проведен спектральный анализ участков данных без сильных возмущений, в результате которого с точностью до 1 ч установлено, что периодичность суточных вариаций составляет 24 ч (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 24 ч, 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 [Сидоренков, 2002], 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. В суточной группе наиболее мощными волнами являются

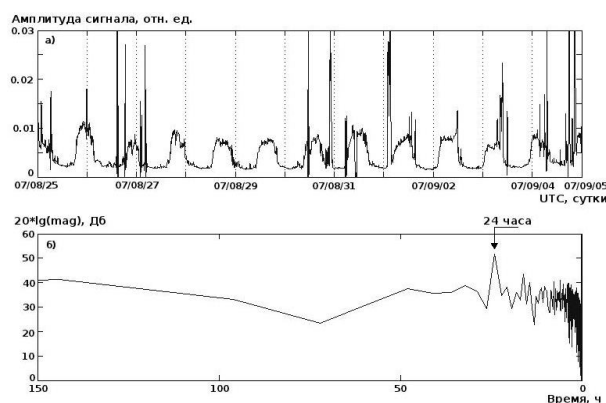


Рис. 1. Участок очищенного сигнала ГАЭ с 25.08.2007 по 05.09.2007 г. (а), периодограмма данного участка (б).

лунная деклинационная волна $^M K_1$ (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 [Сидоренков, 2002]. По результатам спектрального анализа сделан вывод, что долгопериодные и полусуточные волны не представляют интереса для данного исследования. Поэтому суточный ход ГАЭ сравнивался с эталонными синусоидальными сигналами, имеющими одинаковые фазы и периоды 23.93, 24.07 ч (соответствуют периодам суточных приливных волн) и 24.00 ч. Для анализа использовались участки данных длительностью 30 сут. За последние сутки с применением корреляционного анализа (рассчитывалась взаимная корреляционная функция) оценивались сдвиги сигналов относительно друг друга. Установлено, что периодичность суточного хода ГАЭ составляет точно 24 ч, соответственно приливные волны не оказывают на нее существенного влияния. Заметим, что в работе [Салтыков и др., 1997] для выделения периодических компонент в высокочастотных сейсмических шумах использовалась похожая методика генерации эталонной синусоиды.

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 математи-

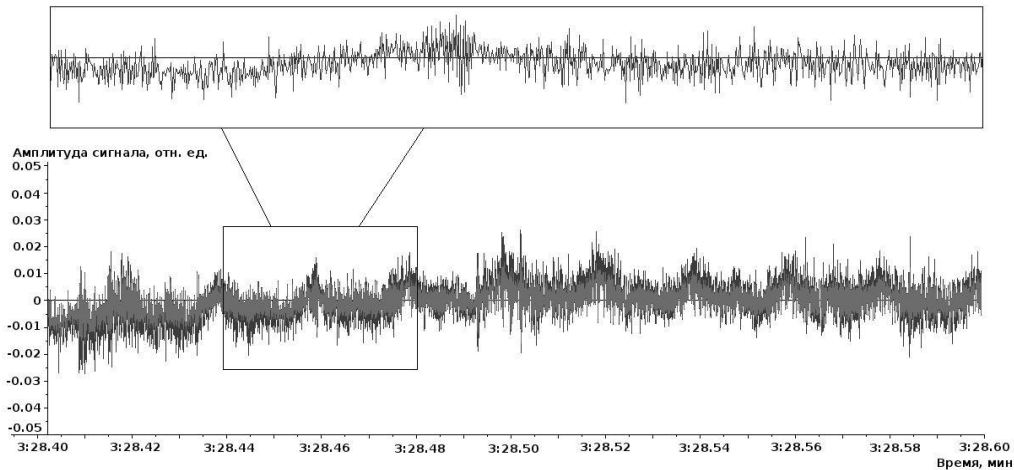


Рис. 2. Фрагмент записи геоакустического сигнала, на котором наблюдается максимум суточного хода.

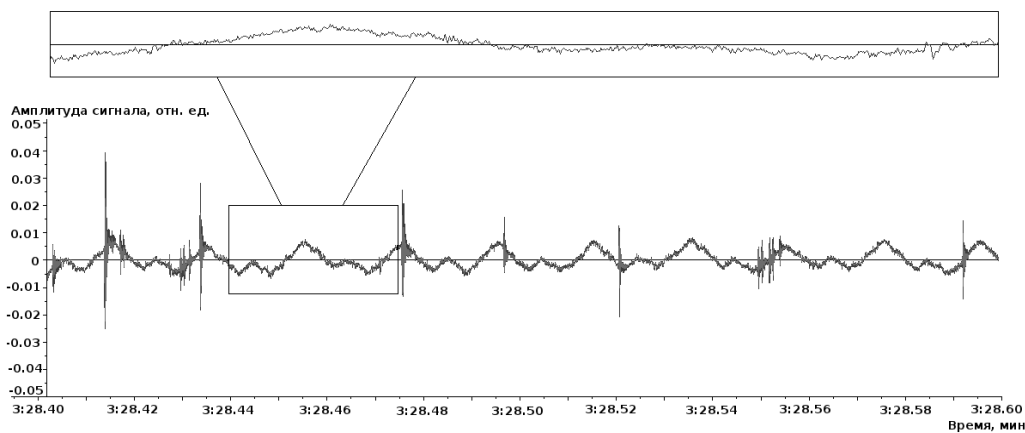


Рис. 3. Фрагмент записи геоакустического сигнала, на котором наблюдается минимум суточного хода.

ческого ожидания не менее пяти раз подряд в 72-часовом временном окне с шагом 12 ч для всего ряда (т. е. наличие периодичности не менее 3 сут) [Солодчук, 2012].

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 ч суток без сильных возмущений. Если установленный порог был превышен в два 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 ту же амплитуду что и суточные вариации [Солодчук, 2012].

На основе разработанной методики был проведен анализ геоакустических данных за шесть лет с 2006 по 2011 г. 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, что в этот период наблюдает-

ся сезонный максимум активности геоакустической эмиссии, связанной с сеймотектоническим процессом. Поэтому далее была проанализирована связь суточного хода ГАЭ с метеопараметрами и сейсмическими событиями. Выявлялись случаи, когда интенсивность суточных вариаций эмиссии значительно увеличивалась или уменьшалась. 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 течение трех суток перед землетрясениями, в 17 случаях из 132 (12.88 %) – после. При анализе рассматривались события класса более 11.0 на расстоянии до 350 км. Таким образом, почти в 90 % случаев 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 установлено. 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 варьируют 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.

Далее были проанализированы записи геоакустических сигналов (рис. 2, 3) и их спектров в периоды, в которые 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 спектральных компонент 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. Следовательно, 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Купцов А.В., Марапулец 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).

Салтыков В.А., Сеницын 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.

Сидоренков Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб.: Гидрометиздат, 2002. 200 с.

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).

Солодчук А.А. Методика выявления суточного хода геоакустической эмиссии // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2012. № 2 (5). С. 69–73.

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.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка, Россия