

АНАЛИЗ ВОЗМУЩЕНИЙ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ СЕЙСМИЧЕСКИМ СОБЫТИЯМ, С ПРОСТРАНСТВЕННО РАЗНЕСЕННЫХ СТАНЦИЙ НАБЛЮДЕНИЯ

Купцов А.В., Ларионов И.А., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А., Шадрин А.В.

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
Паратунка, Елизовский р-н, Камчатский край, micle@ikir.kamchatka.ru*

Введение

Среди особенностей высокочастотной геоакустической эмиссии в период подготовки сильных землетрясений на Камчатке отмечается рост интенсивности излучения в течение несколько часов до сейсмического события, очаг которого расположен иногда за сотни километров от пунктов наблюдения [1]. Регистрация высокочастотных возмущений на таких расстояниях от гипоцентра объясняется, тем фактом, что из будущих очагов землетрясений хорошо распространяются деформационные процессы, которые приводят к образованию на суше зон поверхностной дилатансии, вызывающей геоакустическую эмиссию.

В докладе рассматриваются результаты первичного анализа каталогов возмущений геоакустической эмиссии на измерительных пунктах наблюдения «Микижа» и «Карымшина» в период 01.02.2002-31.12.2006 гг. При анализе использовались метеорологические данные с метеостанций ИКИР, а также данные каталога землетрясений Камчатки, предоставляемые Камчатским филиалом ГС РАН. Для выявления и анализа геоакустических аномалий использовались современные методы численного анализа с использованием нейронных сетей.

Методика наблюдений

Для регистрации сигналов использовались две приемные системы, установленные в небольших водоемах. Одна из таких систем размещена на дне укрытого бассейна размерами $2 \times 2 \times 2 \text{ м}^3$ в пункте комплексных геофизических наблюдений (КГЭП) на р. Карымшина (52.49° N , 158.09° E), а другая – на удалении 20-ти км к северу на дне оз. Микижа (52.60° N , 158.14° E), его площадь $200 \times 700 \text{ м}^2$, а наибольшая глубина 4 метра.

Первая точка приема находится в эксплуатации с июля 1999 г., а вторая – с ноября 2001 г. Приемные гидроакустические системы представляют собой многоканальную систему из четырех пьезокерамических приемников градиента давления расположенных по сторонам света (кроме запада) и вертикально вниз.

Регистрация акустических шумов со всех четырех направлений осуществлялась непрерывно при помощи аналоговой измерительной системы. Акустические сигналы с гидрофонов через усилительный тракт поступают в полосовые фильтры в диапазонах частот 0.1–10, 10–50, 50–200, 200–700, 700–1500, 3000–7000, 7000–11500 Гц. Частотно разделенные сигналы через амплитудные детекторы подаются на интеграторы и после четырехсекундного накопления оцифровываются и записываются в компьютер. Аналоговая измерительная система функционировала на обоих пунктах геофизических наблюдений [1].

Осенью 2005 г. аналоговая аппаратура была заменена цифровой измерительной системой (рис. 1). Сигналы геоакустической эмиссии с гидрофонов через усилительный тракт поступают на входы двух звуковых карт первого персонального компьютера (ПК1), синхронизированных системным таймером. Затем они оцифровываются и записываются на жесткий диск в режиме реального времени в полосе частот 0–22 кГц. Далее, на втором персональном компьютере (ПК2), производится частотно-временная обработка оцифрованных данных (фильтрация, вычисление абсолютного значения и усреднение значения амплитуды сигнала на интервале 4 с). После этого происходит их отображение и запись на диск [2].

Результаты анализа

Используемые для наблюдений две одинаковые измерительные системы оказались помещенными в разные условия по способу установки. Одна система размещена на дне естественного озера в равнинной местности. Вторая система находится в искусственном водоеме, расположенном в низине между сопками высотой более 1000 м. Район наблюдений характеризуется особыми микроклиматическими условиями, определяющими особенности влияния погодных факторов на акустический сигнал. При размещении системы в закрытом водоеме ветровая помеха оказывает влияние только на частотные каналы до 500 Гц. На озере при

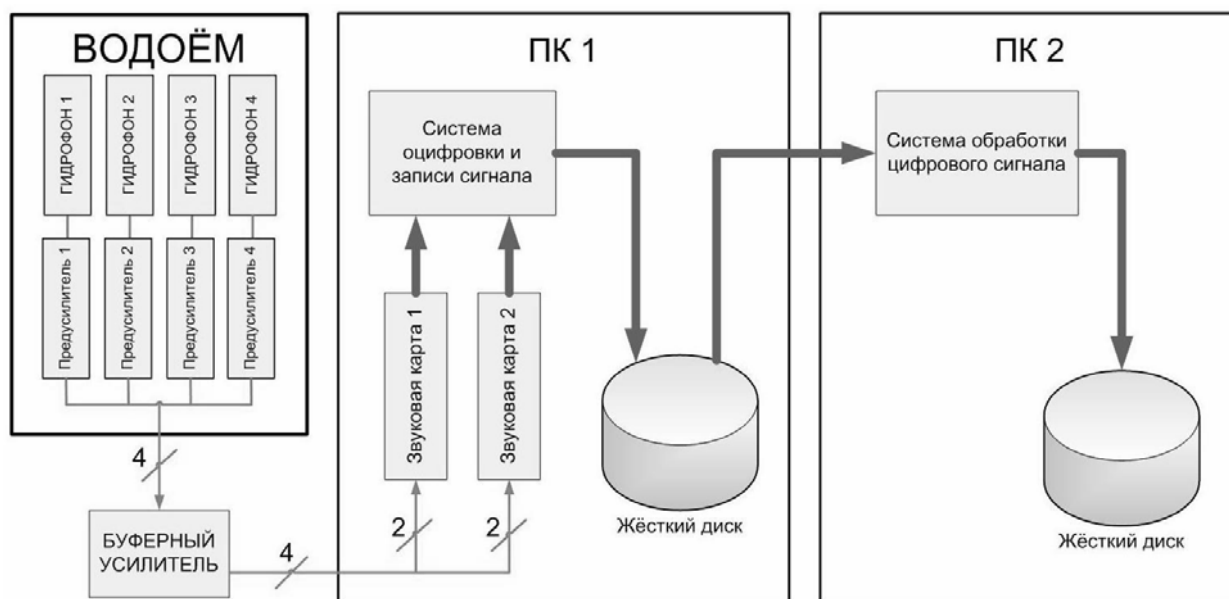


Рис. 1. Схема цифровой измерительной системы.

скорости ветра свыше 10 м/с образуются буруны, брызги от которых создают помеху в высокочастотной части спектра (>1 кГц). Техногенные помехи (шум самолетов и проезжающего транспорта) вызывают кратковременные возмущения, которые исключались при интерпретации данных.

Для систематизации и анализа данных, накопленных в период 01.02.2002-31.12.2006 гг., было принято решение составить каталоги возмущений геоакустической эмиссии для обоих измерительных пунктов наблюдений «Микижа» и «Карымшина». Критерием включения аномального сигнала в каталог возмущений было превышение его амплитуды не менее чем в два раза относительно среднего уровня и продолжительность не менее 20 минут. Составление каталогов вручную на начальной стадии впоследствии было заменено использованием нейронной сети, обученной на выявление аномалий с заданными характеристиками. Нейронная сеть позволяет в автоматическом режиме проанализировать данные за весь период наблюдений на предмет наличия аномальных сигналов. Таким способом были отобраны аномалии акустической эмиссии за весь указанный период.

Для дальнейшего анализа полученные каталоги аномалий акустической эмиссии будут сопоставлены с метео данными. Это позволит выявить аномальные сигналы, обусловленные влиянием погодных факторов. В качестве условий хорошей погоды принимается отсутствие осадков и ветра со скоростью >10 м/с.

В результате предварительного анализа было выявлено, что ряду сейсмических событий предшествовали изменения в характере акустической эмиссии, которые выражались в виде резкого продолжительного повышения амплитуды или периодически появляющихся импульсов (рис. 2).

В связи с сильным затуханием высокочастотных геоакустических сигналов, они не могут передаваться на большие расстояния. Таким образом, источником генерации таких сигналов являются области в радиусе сотен метров от пункта наблюдения. Поэтому сигналы, регистрируемые в каждом из пунктов наблюдения, имеют как общие свойства, так и индивидуальные особенности.

На рис. 3 представлены аномальные сигналы, зарегистрированные одновременно на двух пунктах 4 августа 2004 г., когда произошел рой землетрясений с энергетическим классом $K > 12$ на расстоянии 140 км. За несколько часов до землетрясений наблюдалось сильное резкое повышение уровня геоакустического сигнала на обоих пунктах.

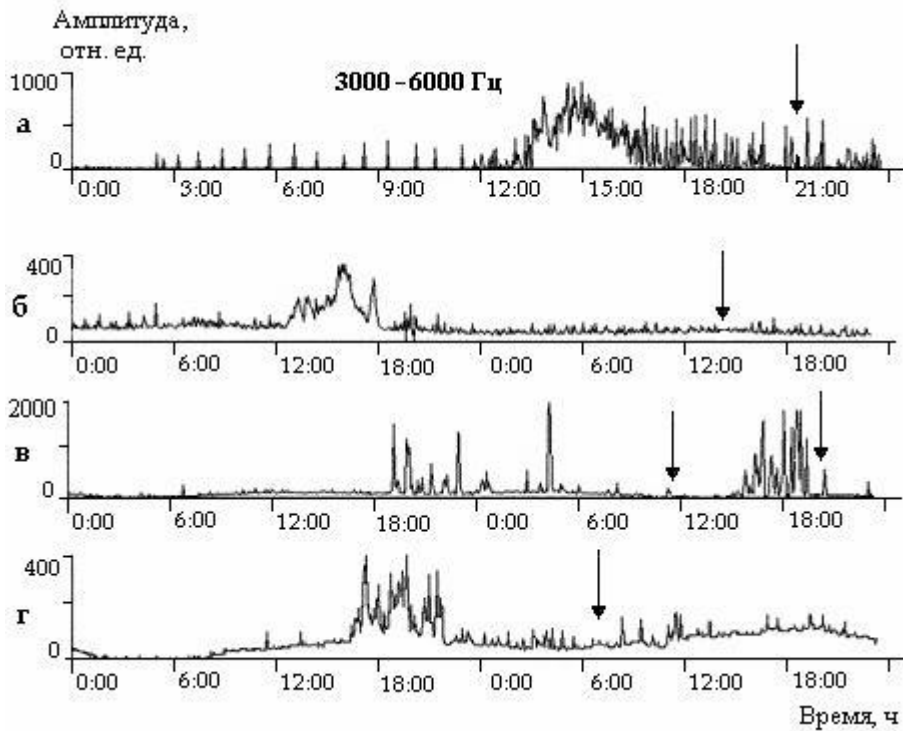


Рис. 2. Формы возмущений акустической эмиссии в частотном диапазоне 3-6 кГц, предшествующих сейсмическим событиям на п. «Карымшина» (а и б) и на п. «Микижа» (в и г). Стрелками указаны землетрясения.

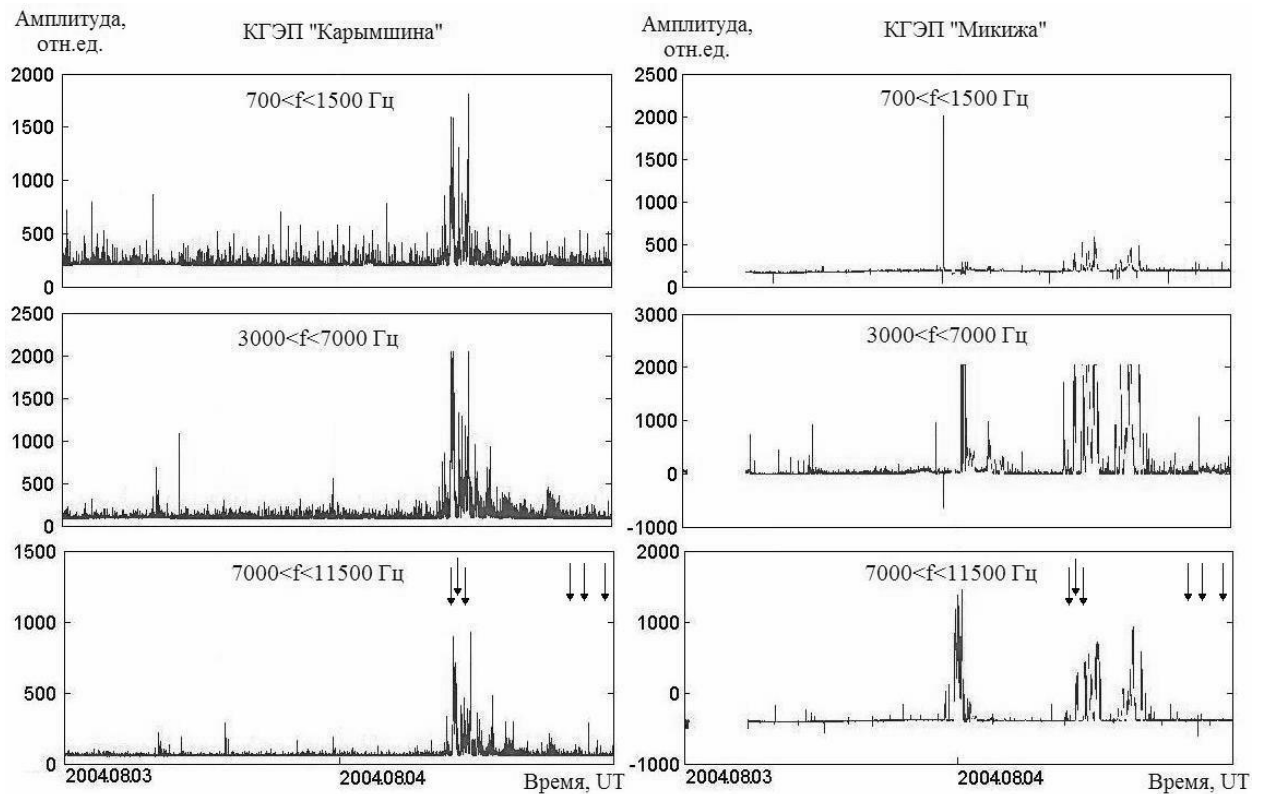


Рис. 3. Возмущения геоакустического сигнала в пунктах наблюдений «Карымшина» и «Микижа» перед роём землетрясений 4 августа 2004 г., $K > 12.0$ (указаны стрелками).

На рис. 4 показан сплошной аномальный сигнал, зафиксированный за 24 часа на обоих пунктах перед землетрясением 4 сентября 2004 г., $K=11.3$. Видно, что сигналы идентичны по форме и совпадают по времени, но на пункте «Карымшина» сигнал характеризуется более низкочастотным спектром.

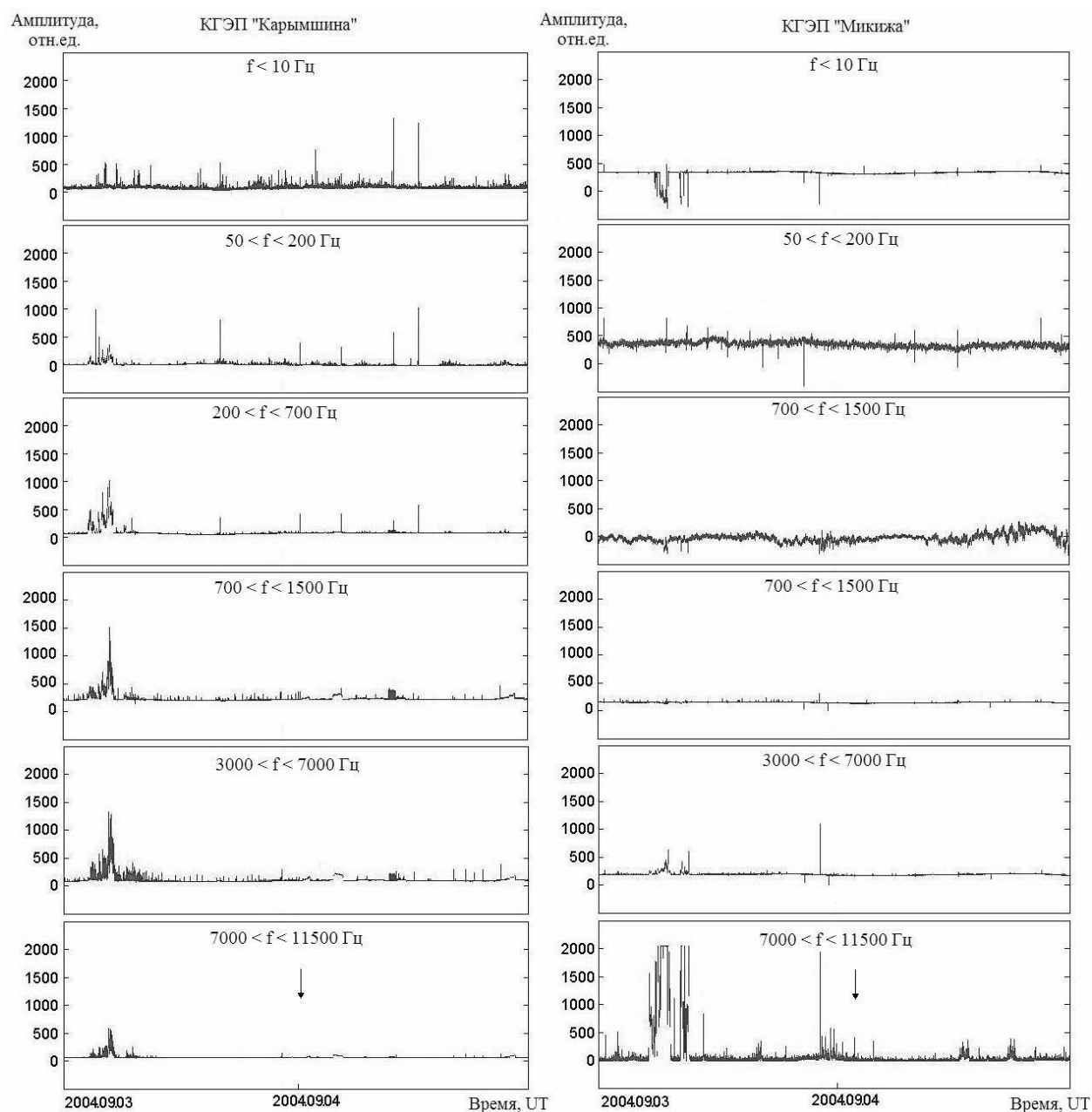


Рис. 4. Возмущения геоакустического сигнала в пунктах наблюдений «Карымшина» и «Микижа» перед сейсмическим событием 4 сентября 2004 г. с $K=11.3$.

На рис. 5 представлены импульсные аномальные сигналы на двух пунктах наблюдений, различающиеся по форме, но совпадающие по времени и прекращающиеся за несколько часов до землетрясения.

Во всех рассмотренных случаях аномалии, регистрируемые одновременно на двух пунктах имеют импульсный характер. При этом наблюдаются различия формы и амплитуды импульсов, а также частоты их следования. На пункте «Карымшина» аномальные сигналы имеют более низкочастотные спектры и более ярко выраженную импульсную составляющую.

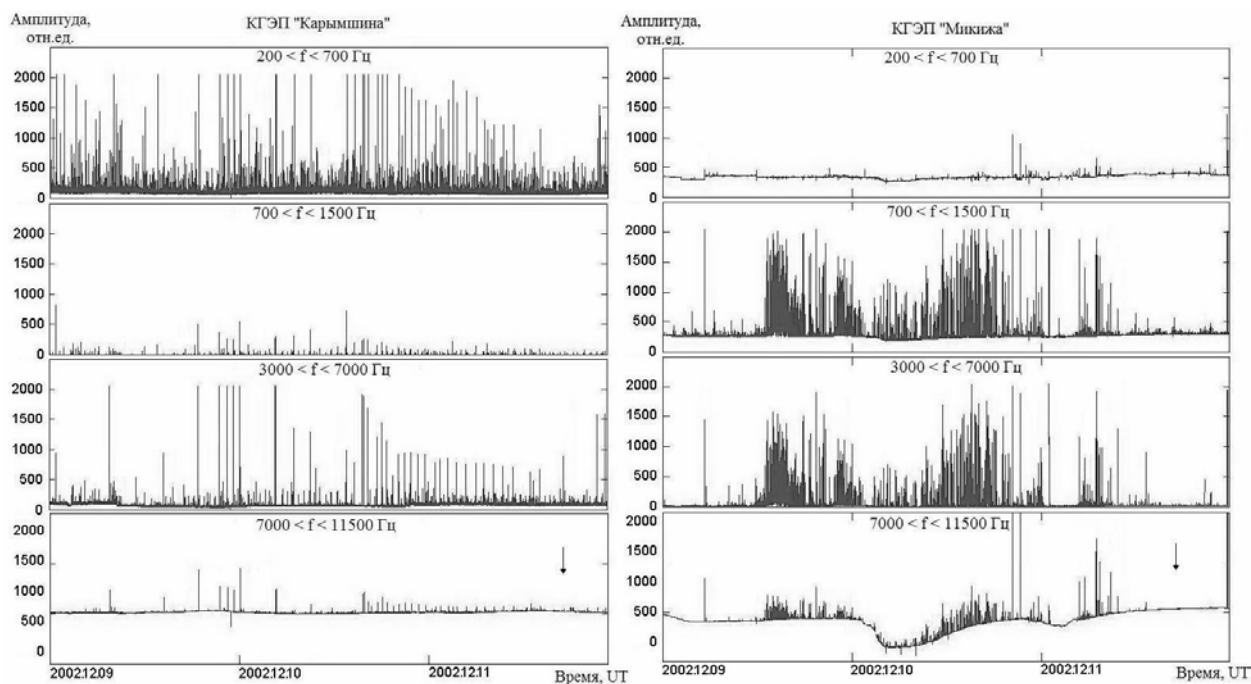


Рис. 5. Возмущения геоакустического сигнала в пунктах наблюдений «Карымшина» и «Микижа» перед землетрясением 11 декабря 2002 г., $K=11.1$.

Выводы

В результате проведенной работы составлены каталоги возмущений геоакустической эмиссии, зарегистрированных на станциях «Микижа» и «Карымшина» в период 1.10.2002 - 31.12.2006 гг. В дальнейшем планируется провести детальный анализ этих каталогов с использованием методов статистической обработки в сопоставлении с метео и сейсмическими данными.

В результате предварительного анализа данных регистрации геоакустической эмиссии на двух пунктах установлено, что ряду сейсмических событий предшествовало на суточном временном интервале аномальное увеличение уровня геоакустической эмиссии в высокочастотной области (3-11 кГц) в течение нескольких часов. Такие особенности геоакустического сигнала наблюдались в условиях хорошей погоды и не могут быть обусловлены влиянием метеорологических факторов. Анализ данных также показал, что район измерительного пункта «Микижа» более чувствителен к процессам подготовки землетрясений, чем район измерительного пункта «Карымшина».

Список литературы

1. Купцов А.В., Марापуде 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>.
2. Ларионов И. А., Мищенко М. А., Щербина А. О. Аппаратно-программный комплекс мониторинга геоакустической эмиссии // Вестник. КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2005. Вып. № 2. С. 128-132