

СИНХРОННЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПОРОД И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ПРИЗЕМНОМ ВОЗДУХЕ НА ПУНКТЕ "МИКИЖА"

SYNCHRONOUS DISTURBANCES OF ROCK ACOUSTIC EMISSION AND OF ELECTRIC FIELD IN THE NEAR GROUND AIR AT "MIKIZHA" SITE

Ю.В. Марапулец¹, О.П. Руленко², М.А. Мищенко¹

¹*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

By the developed complex of synchronous measurements of rock acoustic emission at the frequencies 0.1 – 10000 Hz and of the electric field vertical potential gradient in the near ground air, their simultaneous disturbances were discovered for the first time. They may be observed in seismically calm periods and at the final stage of earthquake preparation; they indicate one more form of lithosphere influence on the near ground atmosphere. Some characteristics of this disturbances and possible mechanisms of their generation are discussed.

Взаимные влияния процессов, протекающих в твердой и газообразной геосферных оболочках, проявляются особенно интенсивно на границе земля-атмосфера, где значительны потоки массы и энергии [1, 13]. Взаимодействие геосфер усиливается при протекании в литосфере нестационарных процессов на заключительной стадии подготовки землетрясений [4]. В это время регистрируются, в частности, аномальные возмущения высокочастотной акустической эмиссии приповерхностных пород [2, 7, 8] и электрического поля в приземном воздухе [12]. Одновременное исследование данных явлений, происходящих в разных геосферных оболочках у границы раздела, актуально для понимания литосферно-атмосферного взаимодействия вообще и воздействия литосферы на атмосферу при подготовке землетрясений в частности.

В период 23 августа – 11 октября 2005 г. и 27 июня - 16 октября 2006 года на Камчатке в 28 км запад юго-западнее г. Петропавловска-Камчатского одновременно измерялись акустическая эмиссия пород (АЭ), вертикальный градиент потенциала V' электрического поля в приземном воздухе, атмосферное давление, осадки и скорость ветра. Для измерения АЭ использовались четыре ориентированных по сторонам света гидрофона, установленные на дне озера Микижа глубиной 4 м. С выходов гидрофонов сигналы в диапазоне частот 0.1-10000 Гц усиливались, фильтровались по частотам 0.1-10, 10-50, 50-200, 200-700, 700-1500, 1500-6000, 6000-10000 Гц, подавались на амплитудные детекторы, накапливались за 4 с, оцифровывались и регистрировались в компьютере. Анализируемой величиной было суммарное за 4 с акустическое давление P_s по каждому частотному каналу. Для более детального исследования АЭ одновременно в реальном времени регистрировались сигналы в диапазоне частот 0.1-10000 Гц. Измерения V' осуществлялись электростатическим флюксометром [3], установленным вблизи озера на поверхности земли в 130 м от гидрофонов. Для совместного анализа данных использовался гидрофон восточного направления, ориентированный на флюксометр. Частота измерений P_s и V' была 0.25 Гц. Атмосферное давление, осадки и скорость ветра регистрировались метеостанцией Congrad WS-2300 один раз в минуту.

Результаты 2005 года. Анализ данных показал, что между возмущениями АЭ и V' имеется связь, которая проявляется как в сейсмически спокойные периоды, так и на заключительной стадии подготовки землетрясения [10]. В сейсмически спокойные периоды она выражается в отсутствии возмущений V' при спокойном и слабовозмущенном поведении АЭ (рис. 1) и наличии их во время значительных, как правило, с резким началом аномалий АЭ в килогерцовом диапазоне частот (рис. 2). Связь проявляется в условиях принятой нами нормальной погоды (слабоменяющееся атмосферное давление, отсутствие осадков и ветра больше 6 м/с), когда нет влияния

метеорологических факторов на поведение АЭ и V' . Такая погода, оцененная с точностью до одного часа, была в течение 90.7% от всего времени наблюдений.

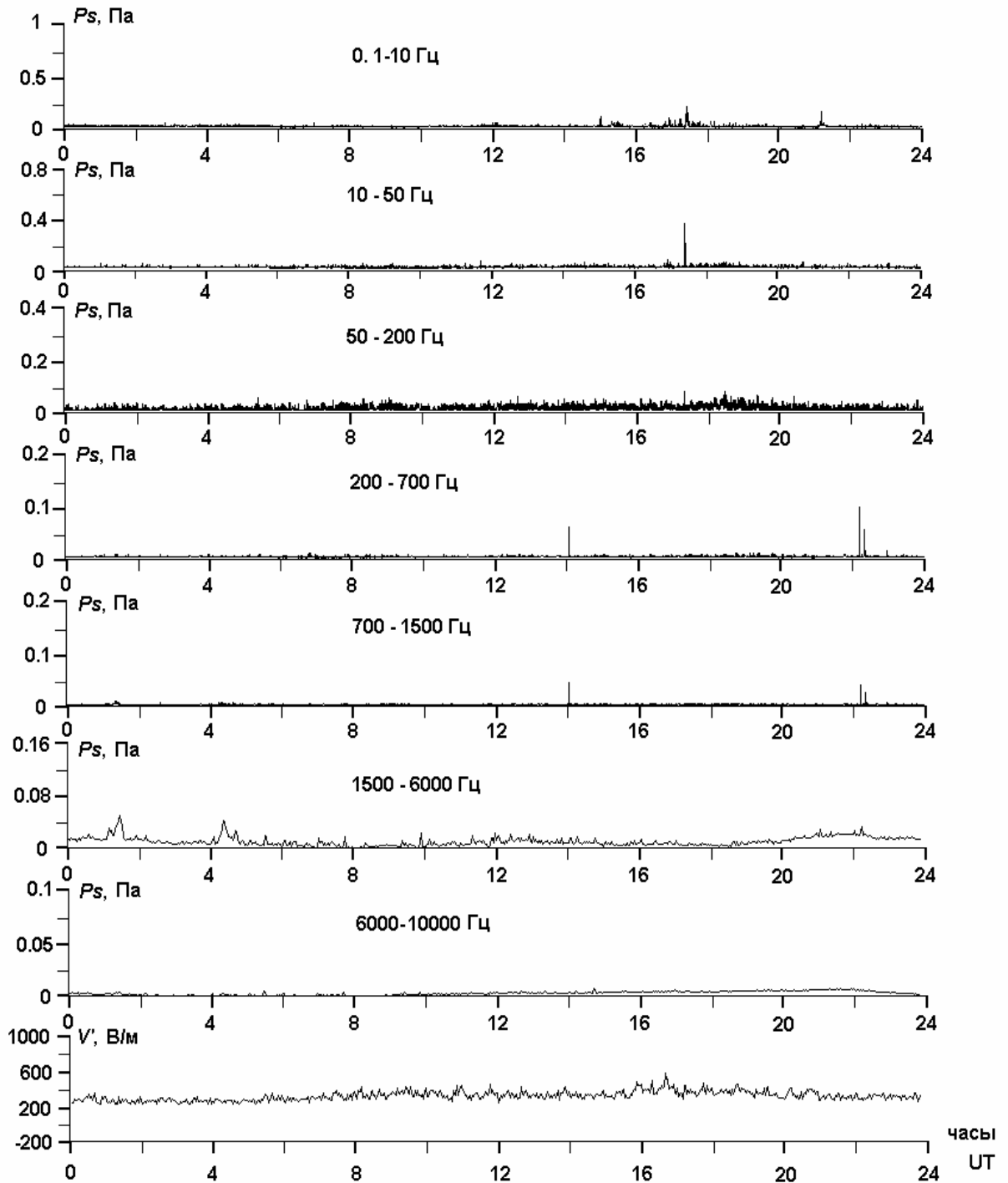


Рис.1. Пример спокойного поведения акустического давления P_s и градиента потенциала V' электрического поля 26 августа 2005 г.

Одновременные возмущения АЭ и V' в эксперименте 2005 года наблюдались при нормальной погоде 10 раз (в скобках указана длительность в часах): 24 августа (1.3), 2 сентября (7), 8-9 сентября (13.5), 10-11 сентября (4), 17 сентября (2), 26 сентября (2), 28 сентября (1.9), 2-3 октября (5.8), 4-5 октября (17.9), 8-9 октября (23.8).

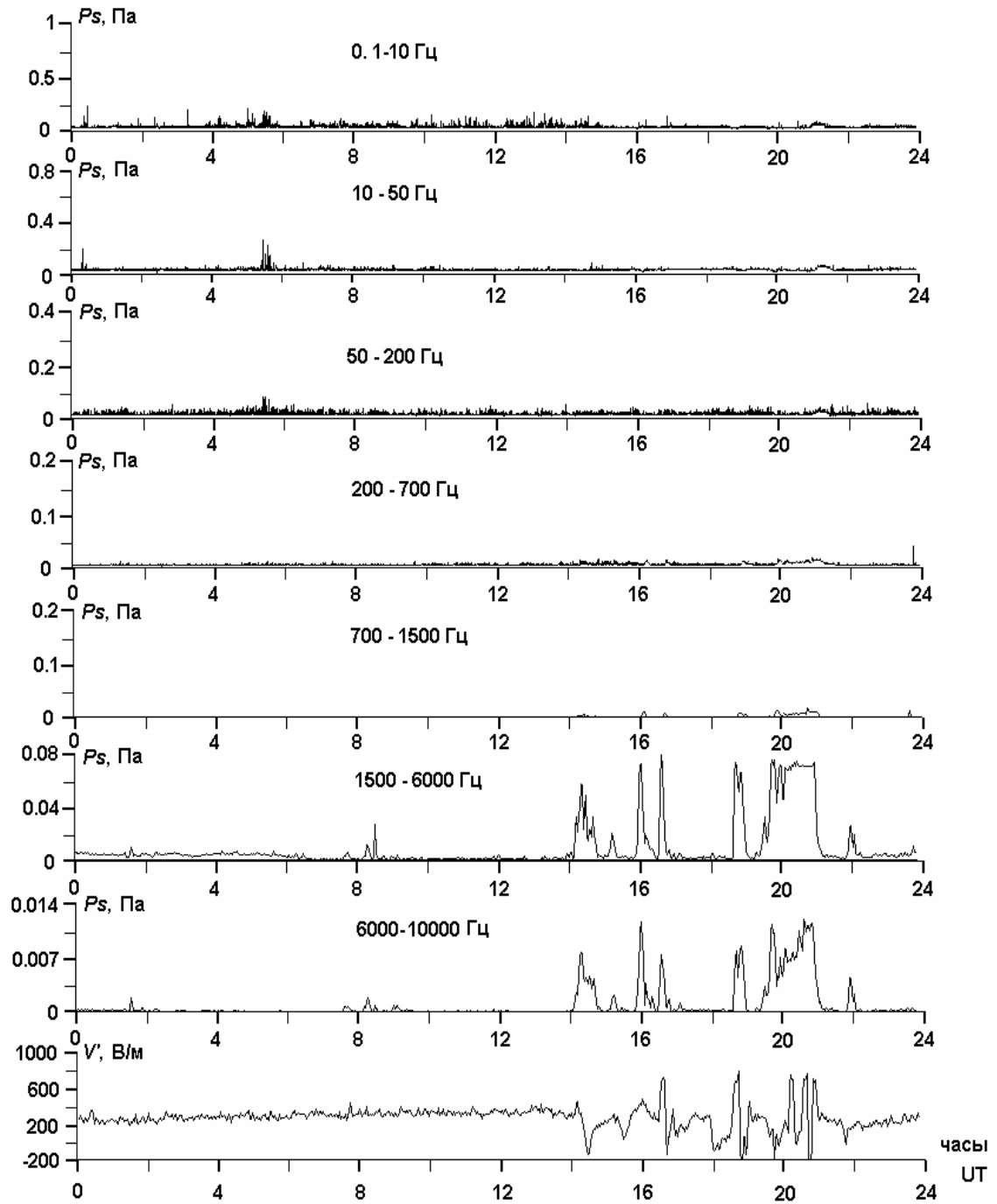


Рис.2. Пример одновременного возмущения акустического давления P_s в килогерцовом диапазоне частот и градиента потенциала V' электрического поля 2 сентября 2005 г.

На рис. 3 вверху приведен 3-х минутный фрагмент записи акустического сигнала в диапазоне частот 0.1-10000 Гц при его возмущенном поведении, внизу - одиночный импульс из этого фрагмента. Как видно из рис. 3, аномальный сигнал представляет последовательность импульсов, похожих по форме на микроземлетрясения, описанные ранее в [9].

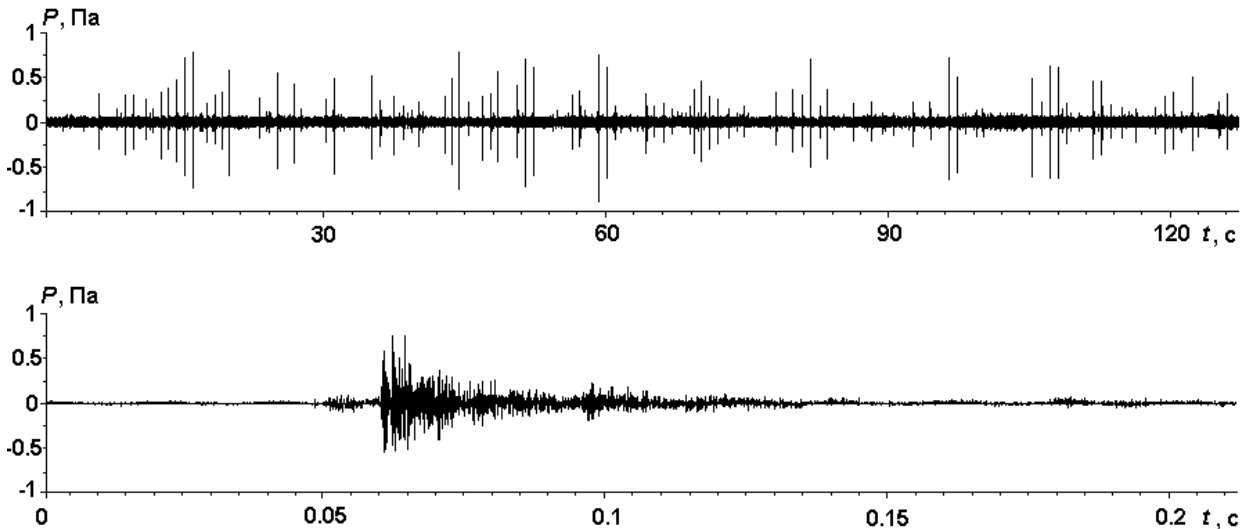


Рис.3. Фрагмент записи сигнала в диапазоне частот 0.1-10000 Гц (вверху) и одиночного импульса из этого фрагмента (внизу) при возмущении акустической эмиссии, P - давление.

Результаты 2006 года. Для исследования особенностей поведения электрического поля на разных высотах и сопоставления их с возмущениями АЭ проводились синхронные измерения градиента потенциала V' двумя электростатическими флюксметрами. Первый флюксметр был установлен на поверхности земли в том месте, где и в 2005 году, а второй – на удалении 2.7 м от него на высоте 1.3 м от земли. При такой установке второго флюксметра вносимые им искажения практически не влияют на измерения электрического поля первым флюксметром. Число случаев возмущенного поведения АЭ и V' в условиях принятой выше нормальной погоды было меньше, чем в 2005 году. В результате проведенных измерений подтвердилось наличие связи между высокочастотными возмущениями АЭ и градиентом потенциала V' .

Измерения V' на разных высотах позволили использовать новый параметр – разность стандартизированных за данные сутки значений V' между верхним и нижним уровнями. Хорошо выраженные одновременные возмущения АЭ и V' наблюдались 6 раз (в скобках указана длительность в часах): 21 (1.0), 22 (0.8) и 23 (2.3) августа, 11 (8.4), 23 (1.0) и 27 (3.4) сентября. Возмущения АЭ и V' 21-23 августа предшествовали землетрясению 24 августа с локальной магнитудой 6.2, произошедшему в 21:50 UT на эпицентральной расстоянии 220 км. Координаты гипоцентра: 51.190°N, 158.060°E, глубина 5 км (оперативные данные Камчатского филиала ГС РАН). За период наблюдений это землетрясение было самым сильным у Южной Камчатки. Возмущения АЭ и V' 11 сентября наблюдались перед землетрясением 12 сентября с локальной магнитудой 5.3, произошедшим в 10:59 UT на эпицентральной расстоянии 195 км. Координаты гипоцентра: 51.540°N, 159.860°E, глубина 34 км.

На рис. 4 показаны зарегистрированные 11 сентября возмущения АЭ и V' на нижнем уровне. На рис. 5 представлена разность стандартизированных за эти сутки значений V' между верхним и нижним уровнями. Из рис. 4, 5 видно, что в поведении этой разности хорошо отражаются возмущения АЭ в килогерцовом диапазоне и данная разность более чувствительна к возмущениям АЭ, чем градиент потенциала V' .

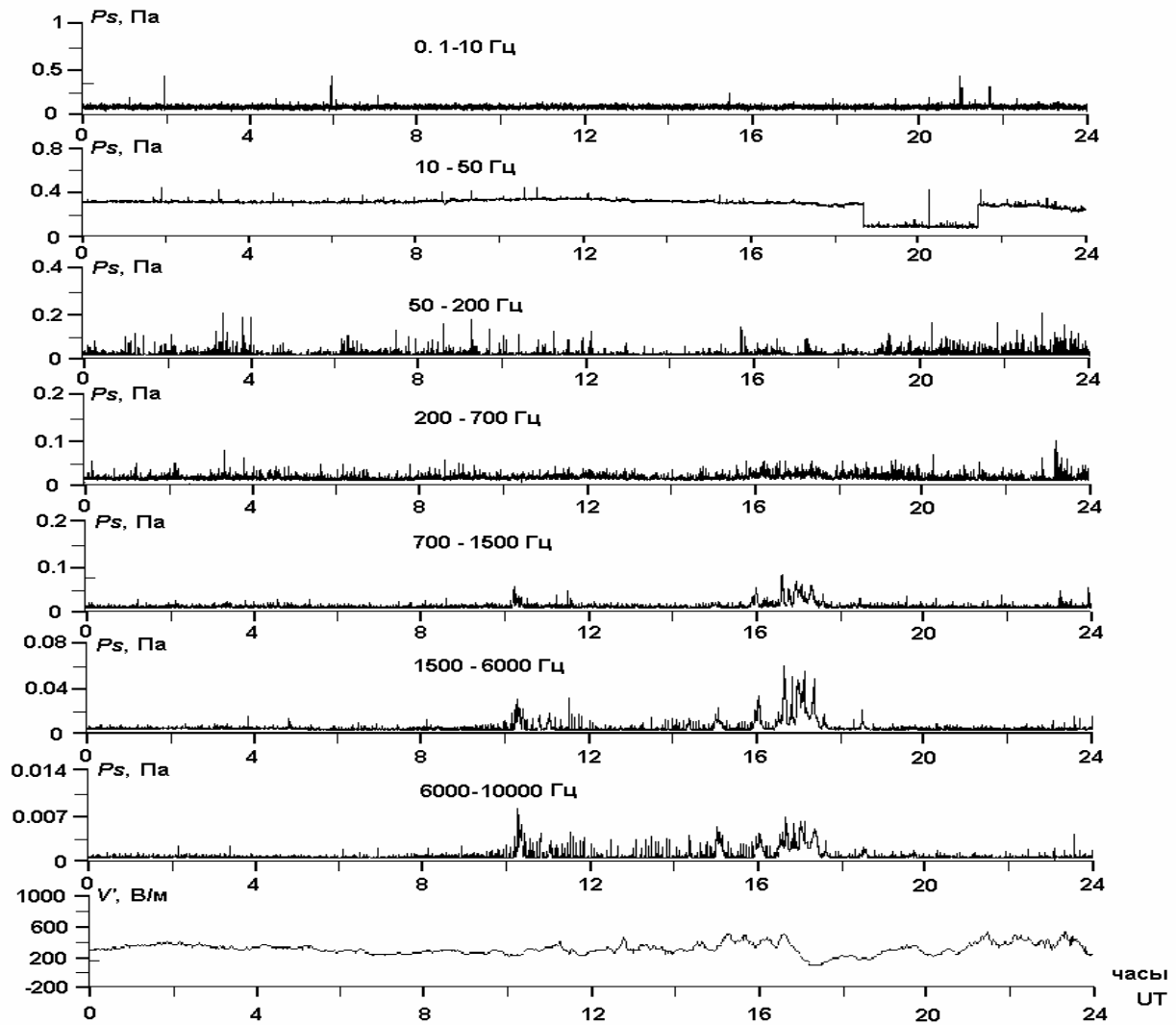


Рис.4. Возмущения акустического давления P_s в килогерцовом диапазоне частот и градиента потенциала V' на нижнем уровне 11 сентября 2006 г.

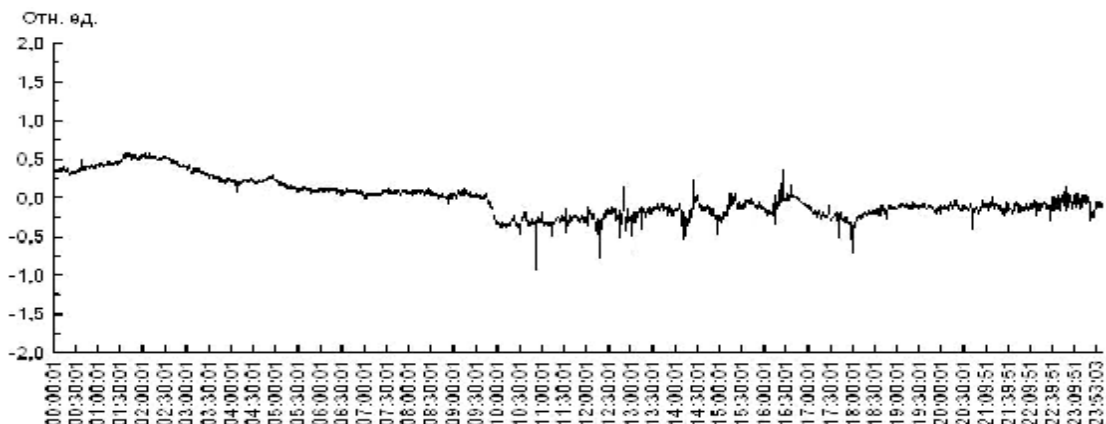


Рис.5. Разность стандартизованных значений градиента потенциала V' между верхним и нижним уровнями 11 сентября 2006 г.

Следует отметить, что аномальные возмущения высокочастотной акустической эмиссии пород и электрического поля в приземном воздухе с таким временем упреждения землетрясений зарегистрированы ранее при проведении независимых наблюдений [7, 8, 12]. В настоящей работе они впервые зарегистрированы одновременно.

Из-за сильного затухания в земле акустические сигналы килогерцового диапазона частот не могут распространяться на большие расстояния, а генерируются вблизи пункта измерений на удалении десятков метров от него [2, 8]. Причиной генерации должно быть

усиление деформирования объемов приповерхностных пород при перестройке поля сейсмотектонических напряжений, которая происходит в отсутствие и при подготовке землетрясений. При этом реальны различные механоэлектрические преобразования энергии, которые могут привести во время подвижек к появлению упорядоченного ансамбля локальных электрических диполей и выходу в воздух результирующего электрического поля [5, 11, 12, 14]. Перераспределения механических напряжений в породах будут определять динамику возмущений $AЭ$ и V' .

Заключение

Впервые обнаружены одновременные возмущения высокочастотной геоакустической эмиссии и электрического поля в приземном воздухе, возникающие как в сейсмически спокойные периоды, так и на заключительной стадии подготовки землетрясения. Генерация акустических сигналов происходит в результате деформационных подвижек [6], приводящих к чередующимся сжатиям и разуплотнениям приповерхностных осадочных пород и вариациям их электрических свойств, которые сопровождаются возмущениями электрического поля.

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 16, гос. контракт № 10104-34/П-16/041-404/310506-014 и проект ДВО РАН № 06-I-П16-070.

Список литературы

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. Роль тектонических нарушений в межгеосферных взаимодействиях на границе земная кора-атмосфера // ДАН. 2005. Т. 402, № 1. С. 92-97.
2. Гордиенко В.А., Гордиенко Т.В., Купцов А.В. и др. Геоакустическая локация областей подготовки землетрясений // ДАН. 2006. Т. 407, № 5. С. 669-672.
3. Гордюк В.П. Исследование принципов построения приборов для измерения напряженности электрического поля в приземном слое атмосферы // Тр. ГГО. 1981. Вып. 442. С. 96-102.
4. Гохберг М.Б. Взаимодействие процессов в литосфере и у земной поверхности с внешними оболочками Земли // Геофизика на рубеже веков: Изб. тр. ученых ОИФЗ РАН. М.: ОИФЗ РАН. 1999. С. 163-169.
5. Дмитриевский А.Н., Володин И.А. Формирование и динамика энергоактивных зон в геологической среде // Доклады АН. 2006. Т. 411, № 3. С. 395-399.
6. Долгих Г.И., Купцов А.В., Ларионов И.А., Овчаренко В.В., Марапулец Ю.В., Швец В.А., Шевцов Б.М., Широков О.Н., Чупин В.А., Яковенко С.В. Деформационные и акустические предвестники землетрясений // ДАН. 2007. Т.413, №1. С. 96-100.
7. Купцов А.В., Ларионов И.А., Шевцов Б.М. Особенности геоакустической эмиссии при подготовке камчатских землетрясений // Вулканология и сейсмология. 2005. № 5. С. 45-59.
8. Купцов А.В. Изменение характера геоакустической эмиссии в связи с землетрясением на Камчатке // Физика Земли. 2005. № 10. С. 59-65.
9. Купцов А.В., Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. Анализ изменений геоакустической эмиссии в процессе подготовки сильных землетрясений на Камчатке // Исследовано в России. 2004. 262. С. 2809-2818. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/262.pdf>
10. Купцов А.В., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А., Руленко О.П., Шевцов Б.М., Щербина А.О. О связи высокочастотной акустической эмиссии приповерхностных пород с электрическим полем в приземном слое атмосферы // Вулканология и сейсмология. 2007. № 4. С. 1-6.
11. Мальцев С.А., Моргунов В.А. К физической модели возмущений электростатического поля литосферой природы в атмосфере и ЭМИ // Физика Земли. 2005. № 9. С. 65-73.
12. Руленко О.П. Оперативные предвестники землетрясений в электричестве приземной атмосферы // Вулканология и сейсмология. 2000. № 4. С. 57-68.
13. Спивак А.А., Кожухов С.А., Локтев Д.Н. и др. Система комплексных наблюдений за межгеосферными взаимодействиями на границе земная кора - приземная атмосфера. // Геофизические процессы в нижних и верхних оболочках Земли. М.: ИДГ РАН. 2003. С. 323-333.
14. Тарасов Б.Г., Дырдин В.В., Иванов В.В. Геотектонические процессы и аномалии квазистационарного электрического поля в земной коре // ДАН СССР. 1990. Т. 312, № 5. С. 1092-1095.