# ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ШУМОВ В ВАРИАЦИЯХ КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ КАМЧАТКИ

# ATMOSPHERIC NOISE EXTREMES IN QUASI-STATIC ELECTRIC FIELD VARIATIONS IN THE NEAR GROUND ATMOSPHERE OF KAMCHATKA

***Ю.М. Михайлов[1], Г.А. Михайлова[1], О.В. Капустина[1], А.В. Бузевич[3], С.Э. Смирнов[2]***

*[1]Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН,*
*[2]Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

Time and spectral characteristics of atmospheric noise were investigated in the period band 0.5-3 hours, superimposed on diurnal variations of quasi-static electric field strength in the near ground atmosphere of Kamchatka. It was shown that experimental background values of noise in normal meteorological conditions are the most possible value of the order ±20 V/m. During field strength anomaly, accompanied by earthquakes at the absence of precipitation, these values of noise amount to ±200 V/m, and during precipitation - ±1000 V/m. Spectral density of noise power in field anomaly, accompanied by earthquakes, is one – one and a half orders higher the corresponding background values, but it is one order less in the presence of precipitation.

Аномалии в суточных вариациях квазистатического электрического поля в приземной атмосфере наблюдались как бухтообразные понижения величины напряженности поля перед землетрясениями в различных сейсмически активных регионах мира, включая и Камчатку [1, 2]. Это послужило основанием исследовать эту аномалию как гипотетический предвестник землетрясения и положило начало их интенсивному изучению. Регулярные наземные наблюдения квазистатического электрического поля в атмосфере п/о Камчатка начаты в 1991 г. Институтом космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН [1] в обс. Паратунка ($\varphi$ = 52°58.3'N, $\lambda$ = 158°14.9'E) и продолжаются в настоящее время. Статистический анализ 103 случаев такой формы одиночных аномалий, наблюдаемых в обс. Паратунка в период 1997-2002 г.г., показал, что в пределах 24 ч в 36% случаев аномалии сопровождаются землетрясениями [3]. Такой низкий процент возникновения землетрясений вслед за аномалией поля указывает на то, что наличие аномалии в электрическом поле не является достаточным условием для появления землетрясения. По-видимому, должны существовать еще какие-то дополнительные условия, либо не все наблюдаемые аномалии в электрическом поле в приземной атмосфере связаны с процессами в земной коре.

Ранее авторами была предпринята попытка поиска дополнительных условий в вариациях спектров мощности квазистатического электрического поля в приземной атмосфере. Предварительные результаты этих исследований показали следующее [4]:

В спектрах мощности суточных вариаций напряженности поля *Ez* были выделены компоненты с периодами, совпадающими с регулярными солнечно-суточными тепловыми приливными волнами в атмосфере: $T$= 24,16,12,8,4 ч, а также с колебаниями внутренних гравитационных волн (ВГВ) с периодами менее 4 ч. Оказалось, что интенсивность этих спектральных составляющих существенно изменяется в период подготовки землетрясений. В частности, было показано, что накануне землетрясения их интенсивность на порядок и более по величине возрастает по сравнению с фоновыми спектрами в нормальных метеорологических условиях. Этот результат послужил основанием для более детального анализа особенностей именно этой части спектра мощности. Во временной форме эти колебания представляют собой случайный шум, наложенный на суточные вариации напряженности квазистатического электрического поля. Результатам этого анализа и посвящена данная работа.

Для дальнейшего детального анализа выделенного атмосферного шума были сначала использованы данные непрерывных регистрации напряженности *Ez*-компоненты поля в период сентябрь-октябрь 1999 г.

*Временные вариации интенсивности атмосферных шумов.* В качестве иллюстрации на рис. 1 приведен метод анализа. На рис. 1*а* показаны экстремальные в течение часа значения всплесков шумов, включая дни с осадками и помехами, а на рис. 1*б* - корень из среднеквадратичного значения напряженности поля, усредненного за час *(rms)* (вертикальные отрезки - СКВ-значения). Здесь же на рис. 1*в* представлены данные об осадках за сентябрь 1999 г. В дни с осадками экстремальные значения шума достигали величин от плюс 800 В/м до минус 1000 В/м, во много раз превышая уровень атмосферного шума в нормальных метеорологических условиях. Далее были исключены дни с осадками и помехами. На кривых отчетливо выделяется всплеск 17 сентября, превышающий по интенсивности фоновые значения в (2-10) раз. Как известно [4], 17 сентября была зарегистрирована отрицательная аномалия *Ez*-компоненты поля накануне землетрясения 18 сентября с магнитудой $M$ = 6.1 ($t$ = 21:28 UT, φ = 51.21°N, $\lambda$ = 157.56°E, $h$ = 60 км). Из рисунка видно, что всплески экстремальных значений атмосферного шума, наложенного на эту аномалию, достигали величины (минус 200 - плюс 150) В/м, а $\sqrt{\bar{E}^2}$ - ~120 В/м при глубине аномалии порядка 400 В/м [4].

Далее были определены кривые распределения величин экстремальных всплесков и значений $\sqrt{\bar{E}^2}$. Был выбран дискретный шаг по интенсивности в 10 В/м. Соответствующие гистограммы их распределения приведены на рис. *4а* и *4б*. Как видно, в распределении этих величин в нормальных метеорологических условиях преобладают соответственно значения в 10-20 В/м, более интенсивные шумовые всплески встречаются крайне редко, а всплески шума 17 сентября порядка (минус 200 - плюс 150) В/м и $\sqrt{\bar{E}^2}$ - ~120 В/м лежат на "хвосте" распределения.

Спектральные вариации интенсивности атмосферных шумов. Результаты спектральной обработки атмосферных шумов в полосе периодов 0.5-3 ч за сентябрь приведены на рис. 3 для нормальных метеорологических условий (кривая 1), для дней с осадками (кривая 2) и для 17 сентября (кривая 3). Сравнение кривых 1 и 3 показывает, что спектральная плотность атмосферного шума накануне землетрясения в полосе периодов 2-3 ч возросла на порядок, а на T< 2 ч - почти на 1.5 порядка по величине по сравнению с фоновым спектром. В дни с осадками (кривая 2) спектральная плотность атмосферного шума во всей полосе периодов 0.5-3.0 ч на порядок по величине превышает интенсивность 17 сентября и на два порядка - фоновый уровень. Аналогичные значения приведенных выше параметров атмосферных шумов наблюдались также и в октябре.

Рассмотрим поведение атмосферных шумов при развитии индивидуальных землетрясений.

Кроноцкое землетрясение 5 декабря 1997 г. [5]. Это был рой землетрясений, и параметры самых сильных толчков приведены в табл. 1, хотя кроме этих толчков произошло более 20 форшоков с магнитудой M ≥ 5 и более 60 афтешоков в течение 5 и 6 декабря. Сейсмическая активность протекала при нормальных метеорологических условиях. Вариации напряженности *Ez*-компоненты поля в течение пяти дней приведены на рис. 4 ( кривая 1). Стрелками указаны моменты самых сильных толчков. Видно, что за 11.5 ч перед главным толчком происходит скачкообразное уменьшение уровня *Ez* от величины ~ 560 В/м почти до нулевого уровня с последующими более слабыми бухтообразными понижениями перед двумя последующими сильными толчками.

Далее исходная запись *Ez*-компоненты поля за период с 4 по 8 декабря обрабатывалась описанным выше методом, но с перекрытием на половину суток. На

фрагментах *3* и *4* отчетливо видно усиление интенсивности шумов по сравнению с фоновыми значениями и особенно с минимальным уровнем в бухте понижения *Ez*. На фрагменте 5 приведена последовательность спектров мощности, оцененных на временных интервалах длительностью одни сутки, но с перекрытием на половину суток, начиная с 4 декабря в 06 UT. Максимальная интенсивность спектра мощности поля приходится на 4 декабря *(а)*, т.е. за сутки до главного толчка, в полосе периодов *T* = 1-2 ч. По мере развития сейсмической активности интенсивность этих компонент уменьшалась (*б*), была минимальной в бухте (*в*), затем возрастала, не превышая уровня 4 декабря. При этом 6 и 7 декабря (после трех сильных толчков) спектр мощности, в отличие от 4 декабря, расширился в область более длинных периодов, т.е. T >2 ч (*д, е)*.

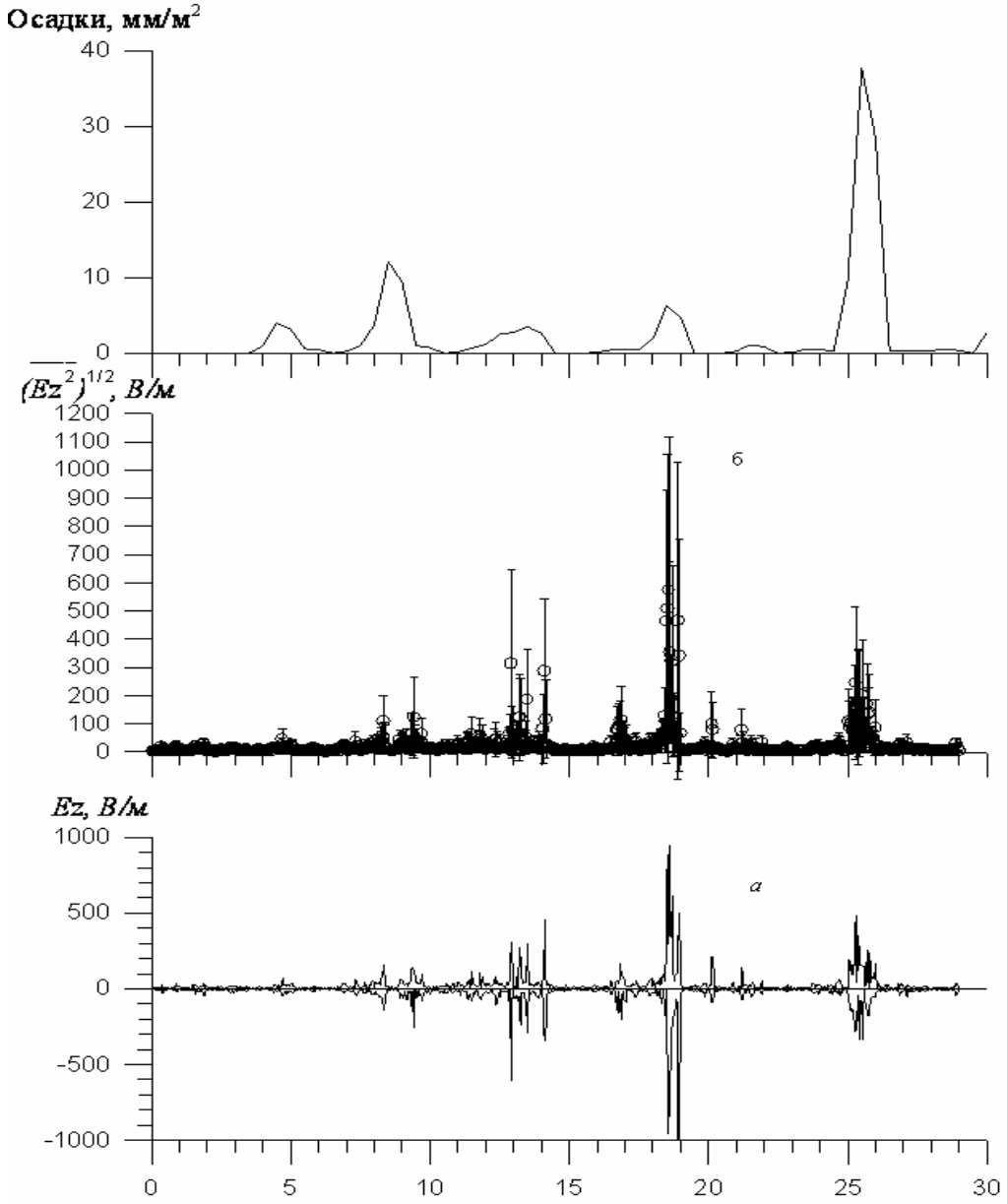


Рис.1. Экстремальные значения интенсивности шумов (*а*); корень из среднего значения квадрата интенсивности шумов *(б);* вариации уровня осадков, измеренных дважды в сутки (*в*). Данные за сентябрь 1999 г.

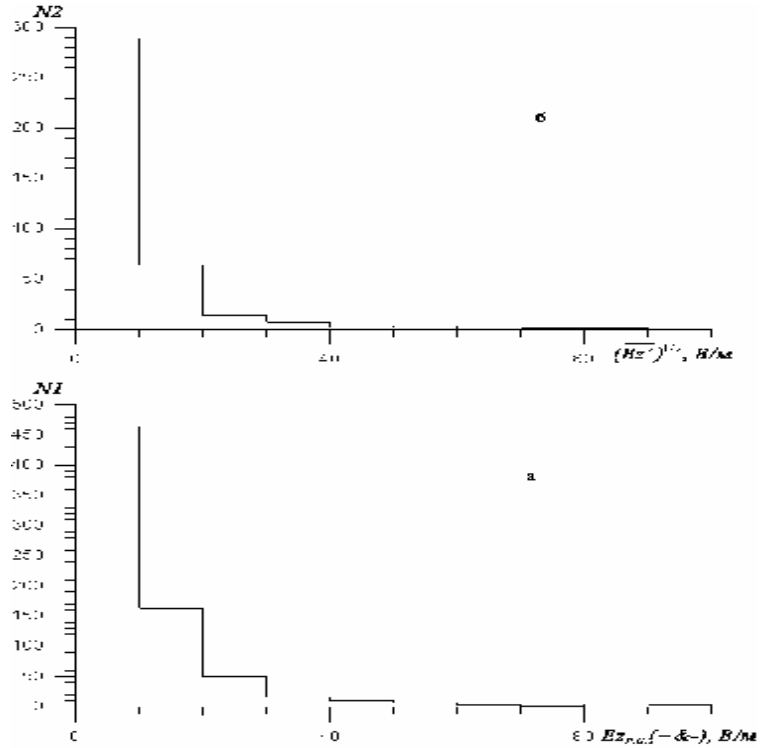


Рис.2. Гистограммы распределения интенсивности шума с шагом по уровню 10В/м.

Таблица 1. Землетрясения 5-6 декабря 1997 г.

| Дата | Время | Координаты | | Глубина | Класс | Расстояние | Магнитуда |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | UT | φ, град | λ, град | *h*, км | *K* | *R*, км | *M* |
| 05.12 | 11.26:43.6 | 54.95 | 163.23 | 4 | 15.5 | 420 | 7.7 |
| 05.12 | 18.48:17.2 | 53.60 | 161.84 | 0 | 14.1 | 270 | 6.8 |
| 06.12 | 10.59:07.8 | 53.87 | 161.99 | 10 | 13.7 | 280 | 6.3 |

Примечание: *R* - расстояние от области эпицентра до пункта регистрации.

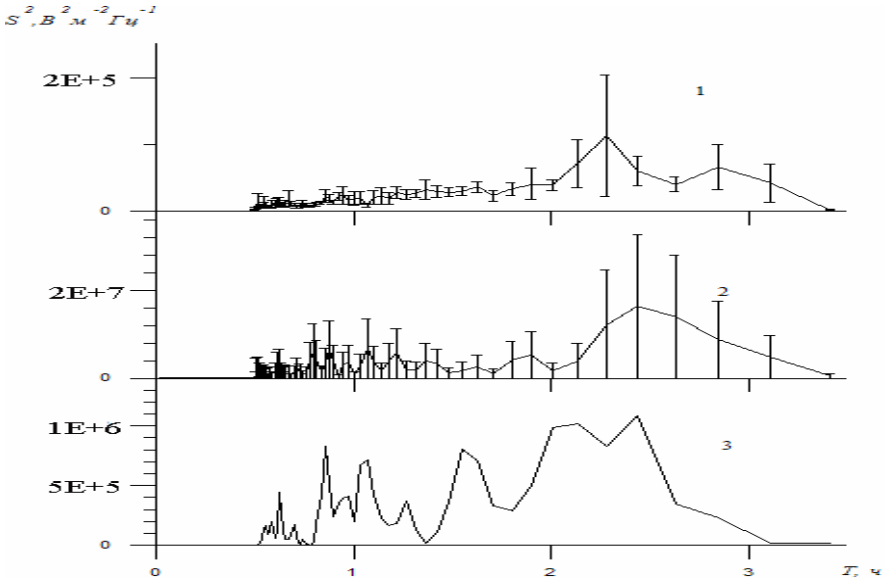


Рис.3. Спектры мощности атмосферных шумов в полосе периодов 0.5-3 ч: нормальные метеорологические условия (1); в дни с осадками (2); 17 сентября накануне землетрясения *(3)*.

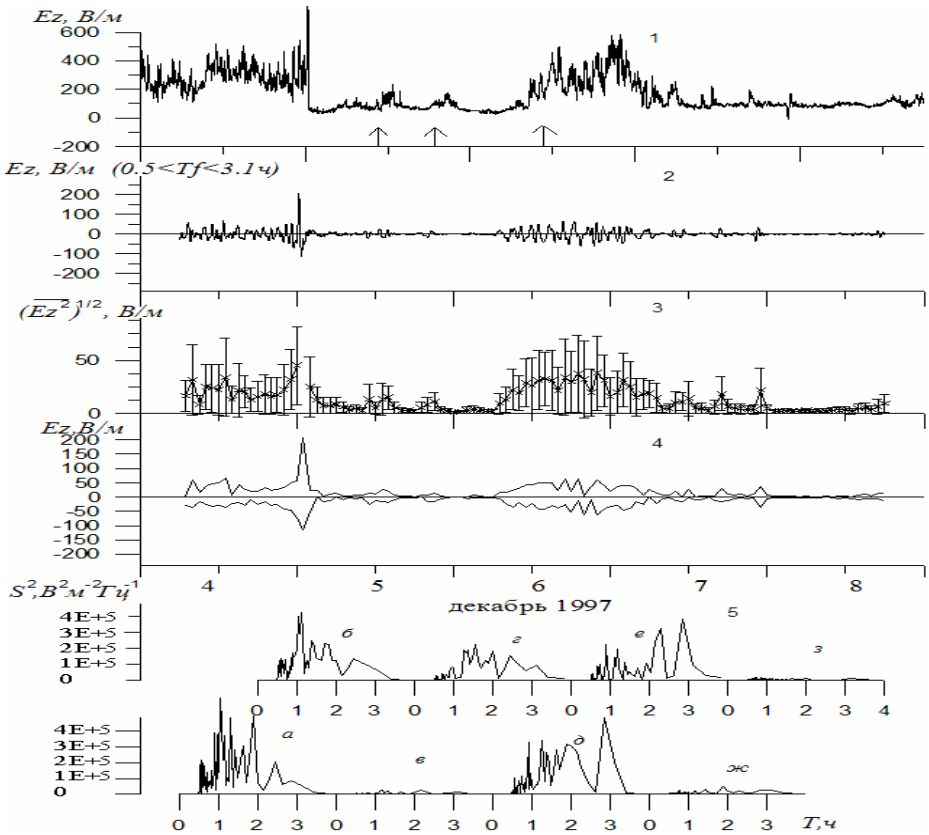


Рис.4. Временные и спектральные характеристики атмосферного шума накануне Кроноцкого землетрясения 5 декабря 1997 г.

Анализ индивидуальных сильных землетрясений, произошедших на Камчатке, таких как 1 июня 1998 г., 8 марта 1999 г., 18 сентября 1999 г., 8 октября 2001 г., 16 октября 2002 г., 30 августа 2004 г. показал аналогичные результаты.

**Выводы**

Вся совокупность полученных результатов исследования атмосферного шума в полосе периодов 0.5-3 ч, наложенного на суточные вариации напряженности *Ez*-компоненты квазистатического электрического поля в приземной атмосфере, показала следующее:

- Экстремальные значения шума во временных вариациях для нормальных метеорологических условий составляют наиболее вероятные величины в пределах ±20 В/м. Это так называемый фоновый уровень.

- При аномалии *Ez*-компоненты поля, сопровождаемой землетрясениями в нормальных метеорологических условиях, экстремальные значения шума достигают величины в пределах ±200 В/м.

- При наличии осадков (дождь, снег) аномалии *Ez*-компоненты поля принимают форму либо знакопеременных изменений величины напряженности поля, либо бухтообразного понижения (чаще всего), подобного аномалии, сопровождаемой землетрясениями. В этом случае величины понижения напряженности поля могут быть равными (минус 1000-1500) В/м, а экстремальные значения шума, наложенного на эти аномалии, могут изменяться в очень широких пределах - ±1000 В/м.

- Спектральная плотность мощности атмосферных шумов в аномалии поля, сопровождаемой землетрясением, на один-полтора порядка по величине превышает соответствующую величину в фоновых спектрах.

- Спектральная плотность мощности атмосферного шума в аномалии поля, вызванной осадками, на порядок по величине превышает спектр в аномалии, сопровождаемой землетрясениями.

Эти выводы, касающиеся особенностей атмосферных шумов в полосе периодов 0.5-3 ч, совпадающих с периодами атмосферных внутренних гравитационных волн, представляют практический интерес для целей краткосрочного прогноза землетрясений. При отсутствии осадков усиление спектральной плотности мощности шумов в рассмотренной полосе периодов при аномалии квазистатического электрического поля можно рассматривать как дополнительный признак надвигающегося события, но при одновременном контроле метеорологических условий в учащенном по времени режиме.

Полученные результаты об интенсивности атмосферных шумов и усилении их перед землетрясениями могут быть полезными при построении моделей связи литосфера атмосфера-ионосфера, в которых рассматривается канал связи через атмосферные волны.

В заключение авторы благодарят Ю.Г. Рапопорта, стимулирующего проведение этих исследований, а также Ю.К. Калинина за полезное обсуждение результатов работы.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 04-05-6510 и 04-05-7913

**Список литературы**

1. Бузевич А.В., Дружин Г.И., Фирстов П.П., Вершинин Е.Ф., Смирнов С.Э., Филимонов В.И. Гелиогеофизические эффекты, предварявшие Кроноцкое землетрясение 5 декабря 1997 г., M =7.7 / Кроноцкое землетрясение на Камчатке 5 декабря 1997 года. Предвестники, особенности, последствия. – Петропавловск-Камчатский: Камчатская Гос. Академия рыбопромыслового флота. 1998. С. 177—188.
2. Михайлов Ю.М., Михайлова Г.А., Капустина О.В., Бузевич А.В., Смирнов С.Э. Вариации спектров мощности электрического поля приземной атмосферы на Камчатке // Геомагнетизм и аэрономия. 2003. Т. 43, № 3. С. 750-758.
3. Руленко О.П., Иванов А.В., Шумейко А.В. Краткосрочный атмосферно-электрический предвестник Камчатского землетрясения 6 марта 1992, M = 6.1 // Докл. РАН. 1992. Т. 326. № 6. С. 980-982.
4. Руленко О.П. Оперативные предвестники землетрясений в электричестве приземной атмосферы // Вулканология и сейсмология. 2000. № 4. С. 57-68.
5. Смирнов С.Э. Особенности отрицательных аномалий квазистатического электрического поля в приземной атмосфере на Камчатке // Геомагнетизм и аэрономия. 2005.Т. 45, № 2. С. 282-287.