

УДК 550.343+550.388+537.874

ЭЛЕКТОМАГНИТНЫЕ ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ОНЧ ИЗЛУЧЕНИИ

Г.И. Дружин

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
Паратунка, Камчатская область, 684034, e-mail: ikir@ikir.kamchatka.ru*

В комплексном геофизическом экспедиционном пункте (КГЭП) «Карымшина», расположенном в 30 км от п. Паратунка, Камчатской области, осуществляются непрерывная регистрация шумовых электромагнитных ОНЧ излучений. Наблюдения проводятся с помощью многоканального ОНЧ регистратора [1] на частотах 0.72, 1.2 и 5,3 кГц. Запись огибающей сигнала по каждому каналу проводится с частотой дискретизации, соответствующей одному измерению в минуту. Пороговая чувствительность аппаратуры не хуже $2 \cdot 10^{-7}$ нТл/Гц^{1/2}, что соответствует сигналу, принятому в дальней зоне, с напряженностью электрического поля ~ 10 мкВ/м. Информация с КГЭП «Карымшина» по системе телеметрии передается в г. Петропавловск-Камчатский, откуда данные по электронной почте поступают в ИКИР ДВО РАН (п. Паратунка), где проводится их обработка.

Рассмотрим электромагнитные излучения, возникающие перед сильными землетрясениями. За последние годы наиболее значительным событием было Кроноцкое землетрясение с магнитудой $M=7.8$, произошедшее 5 декабря 1997 г. Анализ этого события был проведен в работе [2], где показано, что перед землетрясением наблюдался ряд геофизических эффектов. Были обнаружены аномалии в ОНЧ излучении, которые начались примерно за месяц до землетрясения, а за 11 часов до него был зарегистрирован всплеск излучения, который совпал с изменениями в электрических характеристиках приземного слоя атмосферы. Ранее, 13 ноября 1993 г., перед землетрясением с магнитудой $M=7$, нами был зарегистрирован всплеск излучения на частоте 1.2 кГц, который совпал по времени со всплеском в атмосферном электрическом поле [3]. За период 1997 – 2001 гг. был проведен анализ появляющихся аномалий в ОНЧ излучении перед достаточно сильными землетрясениями (энергетического класса $K>13$), который показал, что в большинстве случаев за несколько суток до основного толчка землетрясения появляются излучения с повышенной амплитудой, которые нельзя объяснить суточным или сезонным ходом излучений известных источников [4]. Обычно появляющиеся аномалии в ОНЧ излучении явно не выражены. Поэтому был разработан ряд программ для исследования статистических характеристик излучений. Наиболее эффективной оказалась программа, с помощью которой вычислялись среднеквадратичные отклонения (СКО) огибающей ОНЧ излучения от среднего значения шумовой составляющей сигнала.

Рассмотрим вариации СКО на частоте 1.2 кГц. На рис. 1 показаны почасовые СКО в периоды, когда произошли основные сейсмические события. Около стрелок указаны их магнитуды. Вариации СКО в период Кроноцкого землетрясения показаны на рис. 1 а. Из рисунка видно, что с 1 октября до ~ 5 ноября амплитуда СКО была небольшой, затем наблюдался ее рост, который усилился за ~15 суток до основного события, а за трое суток до землетрясения амплитуда резко упала.

Изменение амплитуды СКО перед землетрясением 1 июня 1998 г. показано на рис. 1 б. В этот период хорошо просматриваются суточные вариации сигнала, имеющие плавный (шумовой) характер. Такие вариации обуславливается в основном мировой грозовой активностью [5], в отличие от резких выбросов, которые указывают на принадлежность излучений к близким источникам. Импульсная составляющая в вариациях СКО наиболее ярко была выражена 9-12 мая и наблюдалась непосредственно перед землетрясением в период, обозначенный на рис. 1 б горизонтальной стрелкой.

В январе–марте 1999 г. амплитуда СКО была наименьшей за период 1998–1999 гг., но непосредственно перед сейсмическим событием 8 марта (см. рис.1 в), за не-

сколько суток до основного толчка, амплитуда повысилась, и ее вариации имели импульсный характер.

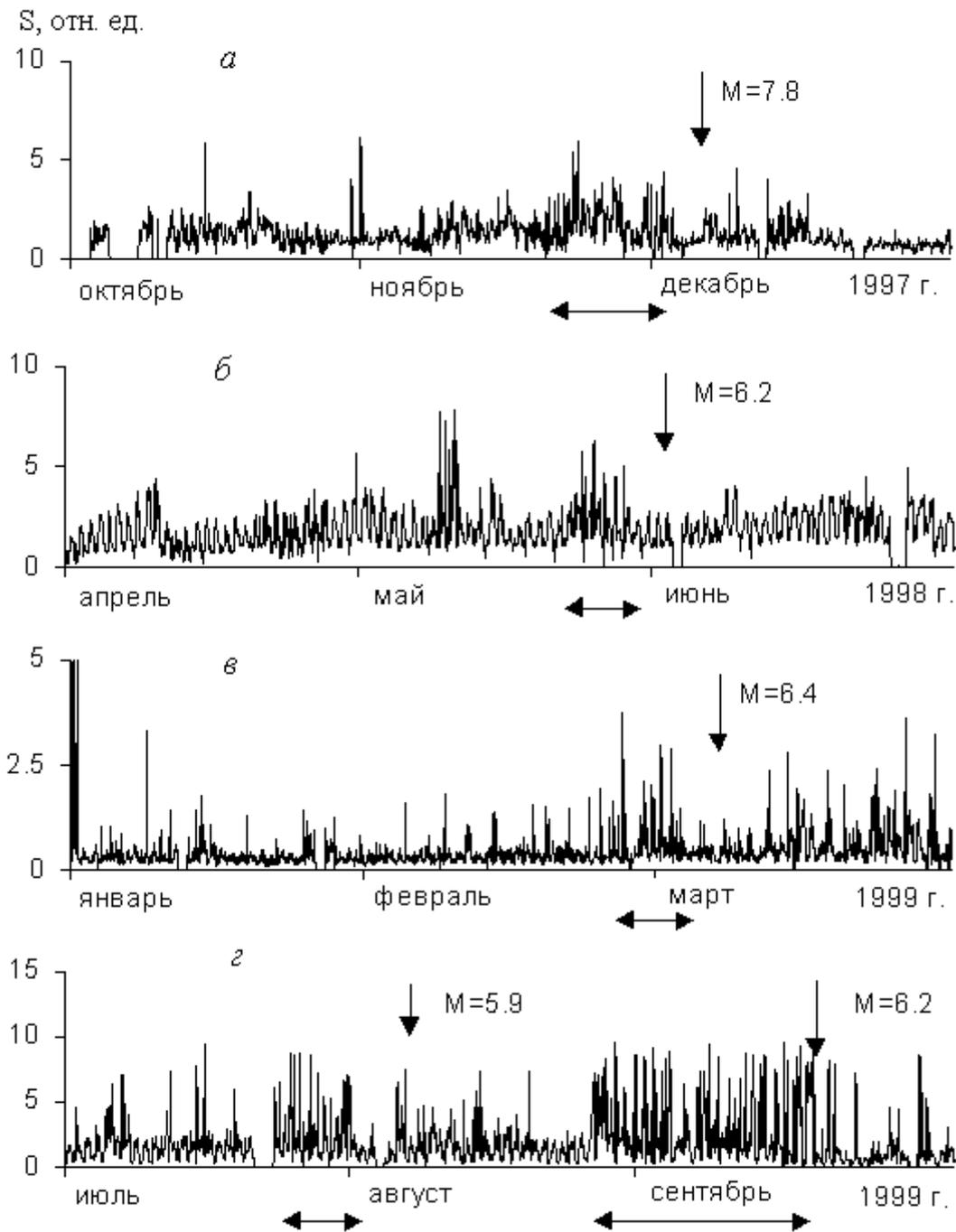


Рис. 1. Среднеквадратичные отклонения огибающей ОНЧ излучения на частоте 1.2 кГц в периоды повышенной сейсмической активности. Вертикальные стрелки – сейсмические события, горизонтальные – предвестники землетрясений.

Вариации СКО за период с 1 июля по 30 сентября 1999 г. приведены на рис 1 г. Из рисунка видно, что перед сейсмическим событием 18 сентября в течение 24 суток наблюдались импульсные излучения, которые стали встречаться гораздо реже после

него. Импульсные излучения наблюдались и с 23 по 31 июля перед землетрясением 6 августа.

В августе–октябре 2001 г. произошло несколько достаточно сильных и близких землетрясений. Как видно из рис. 1 д, периоды импульсных излучений сменялись периодами практически полного их отсутствия, например, с 14 по 19 сентября (перед землетрясением 17 сентября).

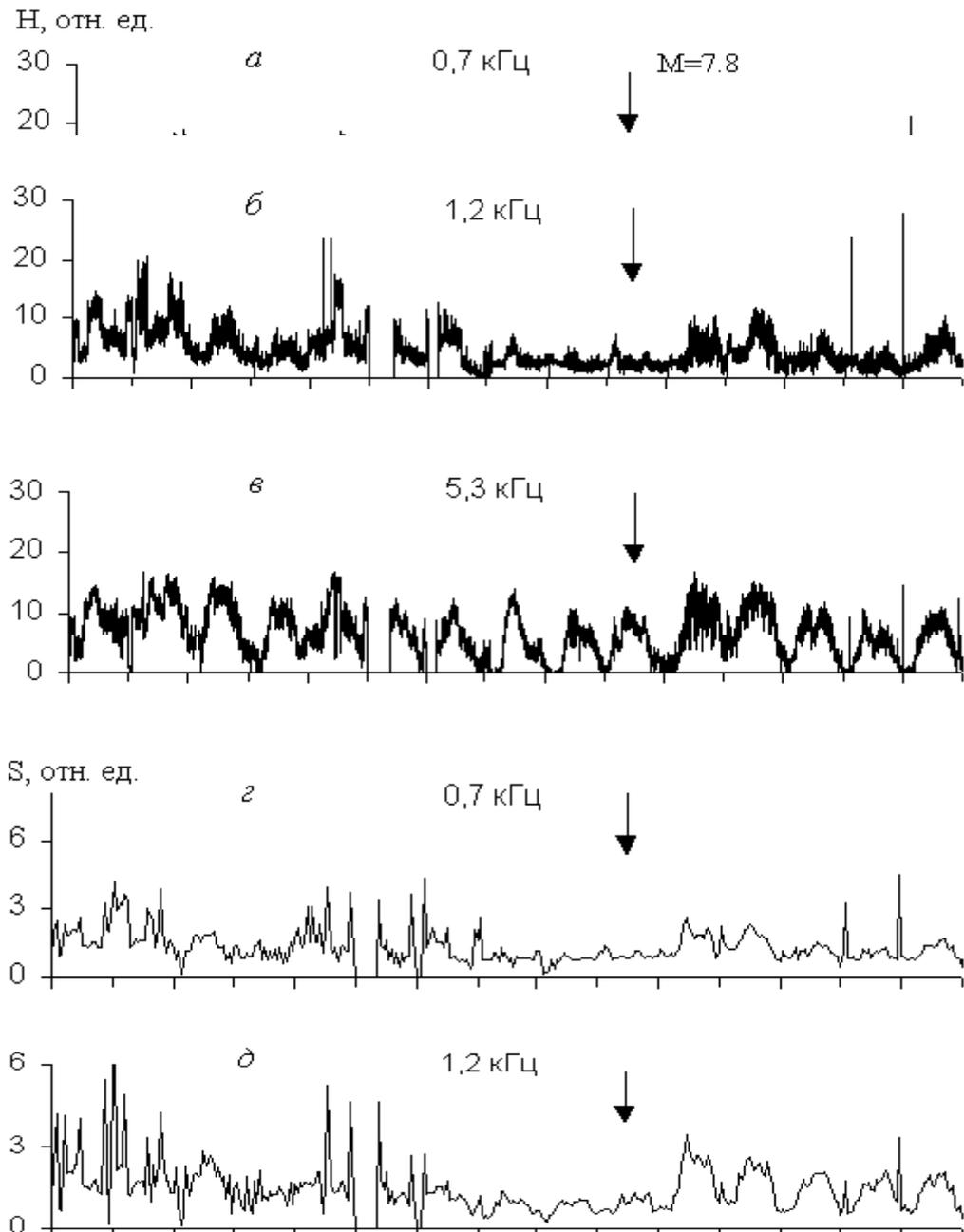


Рис. 2. Запись огибающей сигнала (а, б, в) и среднеквадратичных отклонений (г, д, е) в период Кроноцкого землетрясения.

Таким образом, перед землетрясениями класса $K > 13$ ($M \sim 6$), за несколько суток до основного события, появляются мощные импульсные излучения, которое можно

наблюдать в почасовых СКО огибающей ОНЧ излучения. Непосредственно перед землетрясением амплитуда СКО обычно падает. Перед мощным Кроноцким землетрясением ($M=7,8$) излучение импульсного характера появилось за месяц, а спад амплитуды СКО наблюдался за 3 суток до основного события. Запись ОНЧ излучений в период Кроноцкого землетрясения показана на рис. 2, где наибольшие вариации суточного хода огибающей ОНЧ излучения наблюдаются на частотах 0.7 и 5.3 кГц. Отметим, что за трое суток до основного события на частоте 1.2 кГц суточный ход практически исчез и появился только через сутки после землетрясения. На частоте 0.7 кГц наблюдается меньшее уменьшение амплитуды суточного хода, а на частоте 5.3 кГц он уменьшился незначительно. В почасовых СКО имеются импульсные сигналы на всех частотах, которые прекращаются примерно за 3 суток до землетрясения, при этом суточный ход выражен слабо.

Приведем примеры успешно выполненных прогнозов землетрясений. В феврале 1999 г. наблюдался аномально низкий уровень сигнала ОНЧ излучения, а в конце февраля, начале марта стали наблюдаться излучения импульсного характера. На основании этих наблюдений мы указали на возможность усиления сейсмической активности. Землетрясение класса $K=14.1$ произошло 8 марта 1999 г. на юго-востоке в 120 км от пункта наблюдения. В конце августа 1999 г. появились мощные аномальные ОНЧ сигналы, похожие по форме на излучения, наблюдающиеся перед Кроноцким землетрясением. Эти излучения легли в основу составления прогноза, представленного 10 сентября 1999 г. в Камчатское отделение Федерального центра прогнозирования землетрясений (КОФЦПЗ). Прогноз оправдался, землетрясение класса $K=13.4$ произошло 18 сентября 1999 г. в южном направлении на расстоянии ~ 200 км от пункта наблюдения. За период 1999-2001 гг. было получено, что для землетрясений $K \geq 12.6$ вероятность правильного прогноза $P_0=0.45$, случайного – $P_{сл}=0.2$, пропуска событий – $P_{пр}=0.7$. Эффективность прогноза: $P_0/P_{сл}=2.25$. Для землетрясений $K \geq 13.0$: $P_0=0.24$, $P_{сл}=0.1$, $P_{пр}=0.7$, $P_0/P_{сл}=2.4$. Было также получено [4], что на поверхности земли радиус области (км), в пределах которой может произойти землетрясение при появлении импульсных излучений (для энергетического класса $K > 11$), можно вычислить по формуле:

$$R_m=160(K-10)+200.$$

Таким образом, по данным регистрации естественного электромагнитного ОНЧ излучением наблюдалось следующее. Перед сильными камчатскими землетрясениями, за несколько суток (до одного месяца) до него, в шумовой составляющей появляются мощные импульсные излучения, которые обычно прекращаются за несколько часов или единиц суток до основного толчка. Появление мощных импульсных излучений в шумовой составляющей ОНЧ сигнала можно рассматривать в качестве предвестника

землетрясения и использовать при краткосрочном прогнозе сильных землетрясений. За несколько суток до сильного камчатского землетрясения амплитуда шумовой составляющей суточного хода ОНЧ сигнала обычно падает, а после него в течение нескольких суток восстанавливается. Появление факта ослабления шумового ОНЧ сигнала на частотах ниже критической частоты первой моды волновода Земля-ионосфера можно также использовать в качестве краткосрочного предвестника сильного землетрясения. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№ № 03-05-65302, 03-05—79111), ДВО РАН (№ 03-3-А-02-051), администрации Камчатской области (дог. № 8-3 от 29.04.03).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальков С.П., Дружин Г.И., Швецов В.Д. и др. Аппаратура для регистрации ОНЧ излучений // Низкочастотные сигналы во внешней атмосфере. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1976. С. 107–116.
2. Бузевич А.В., Дружин Г.И., Фирстов П.П. и др. Гелиогеофизические эффекты, предварявшие Кроноцкое землетрясение 5 декабря 1997 г. // Кроноцкое землетрясение на Камчатке 5 декабря 1997 г. Предвестники, особенности, последствия. Петропавловск-Камчатский, 1999. С. 177–188.
3. Руленко О.П., Дружин Г.И., Вершинин Е.Ф. Измерения атмосферного электрического поля и естественного электромагнитного излучения перед Камчатским землетрясением 13.11.1993. М. 7.0 // Докл. РАН. 1996. Т. 348. № 6. С. 814–816.
4. Дружин Г.И. Опыт прогноза камчатских землетрясений на основе наблюдений за электромагнитным ОНЧ излучением // Вулканонология и сейсмология. 2002. № 6. С. 51–62.
5. Дружин Г.И., Шапаев В.И. Роль мировой грозовой активности в формировании амплитуды регулярного шумового фона // Геомагнетизм и аэрономия. 1988. Т. 28. № 1. С. 81–86.