

ДИНАМИКА ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ ВО ВРЕМЯ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ

THUNDERSTORM ACTIVITY DYNAMICS DURING HURRICANES

Ю.М. Михайлов¹, Г.И. Дружин², Г.А. Михайлова¹, О.В. Капустина¹

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.

Н.В. Пушкова РАН

²Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Results of study of thunderstorm activity dynamics during the Pacific cyclones in August and October 2001, using broadband recording of the time forms of atmospherics on Kamchatka, have been presented. The number of atmospherics per minute at simultaneously determined azimuths of their sources was used as an example of thunderstorm activity. An analysis of data processing results indicated (a) in the absence of cyclones, the maximal atmospheric flux level (10 ± 4 pulse/min) was observed at night, and the daylight level was 3 ± 1 pulse/min; (b) thunderstorm activity increases at the stage of tropical depression regardless of depression development into cyclone; in this case the flux of atmospherics can increase to 250 pulse/min at night and can be widely variable (5-100 pulse/min) in daytime; (c) in the state of cyclone maturity, the thunderstorm activity level is not higher than the background level. It was indicated that IGWs in the Earth's atmosphere and the lower ionosphere are caused by lightning strokes accompanied by shock waves during expansion of the lightning channel. The results obtained are of interest in studying anomalous effects in the natural electromagnetic field in the VLF band during increased seismic activity in Kamchatka.

К настоящему времени накоплен большой объем данных наблюдений аномалий в естественном электромагнитном поле Земли перед землетрясениями в широком диапазоне частот от десятков Гц до десятков кГц [1]. Эти аномалии проявлялись как в усилении потоков импульсных сигналов, зарегистрированных на выходе широкополосных приемников в КНЧ - и ОНЧ – диапазонах, так и в усилении интенсивности излучений на выделенных частотах в режиме узкополосной регистрации. В этих работах в качестве основного признака рассматривалась интенсивность потока импульсов в час. Если допустить, что эти аномалии литосферной природы, то естественное электромагнитное излучение при тропических циклонах создает своего рода «паразитный эффект», маскирующий аномальное ОНЧ-излучение. Ниже представлены результаты изучения динамики грозовой активности во время тропических циклонов в Тихом океане в августе и октябре 2002 г. путем широкополосной регистрации временных форм атмосфериков на Камчатке. В

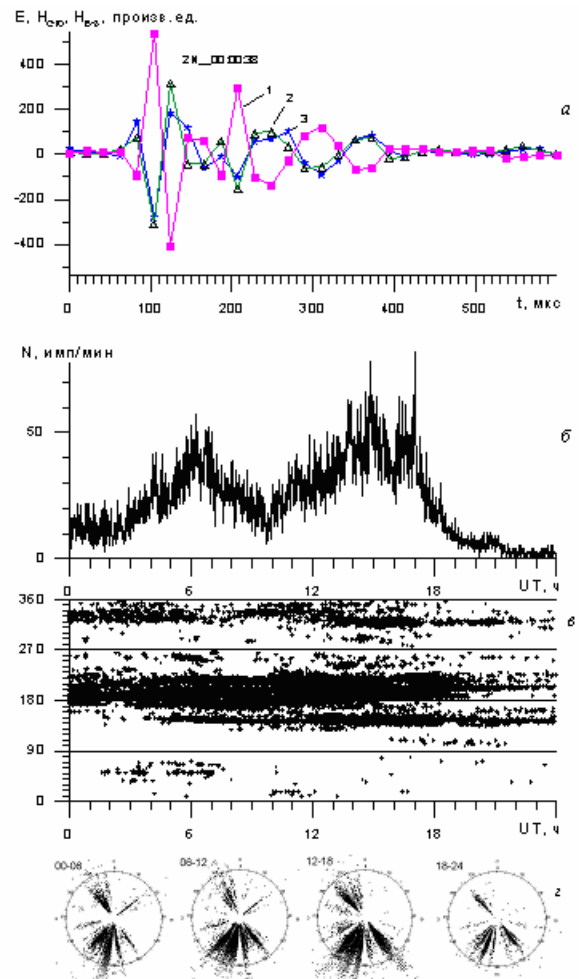


Рис.1. Примеры трех временных форм (1 – E_z , 2 – H_{B-3} , 3 – H_{C-10}) выделенного атмосферика (а); суточного хода потока сигналов в минуту (б); суточного распределения азимутов в градусах их источников в прямоугольных координатах (в), а также в полярных координатах через каждые шесть часов (г).

качестве параметра грозовой активности использовано число атмосфериков в минуту при одновременном определении азимутов их источника. Для регистрации потока импульсных сигналов в обл. «Паратунка» ($\varphi = 53,0^\circ\text{N}$, $\lambda = 158,3^\circ\text{E}$) использована установка «ОНЧ-пеленгатор», разработанная и изготовленная в Институте космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН [2], которая позволяет выделять отдельные направления азимутов в определенные интервалы времени в суточном распределении потоков атмосфериков. В качестве иллюстрации на рис.1а приведен пример временных форм трех компонент выделенного импульсного сигнала, совпадающих с традиционной временной формой атмосфериков от удаленных источников. На рис.1б показан суточный ход количества атмосфериков в минуту, на рис.1в – суточное распределение азимутов источников атмосфериков в прямоугольных координатах, а на нижнем фрагменте рисунка – то же распределение азимутов, но в полярных координатах для четырех периодов суток. В отсутствие тропических циклонов грозы над Тихим океаном наблюдаются крайне редко, особенно днем, и уровень атмосферных радишумов над океаном и на Камчатке определяется континентальными источниками [4].

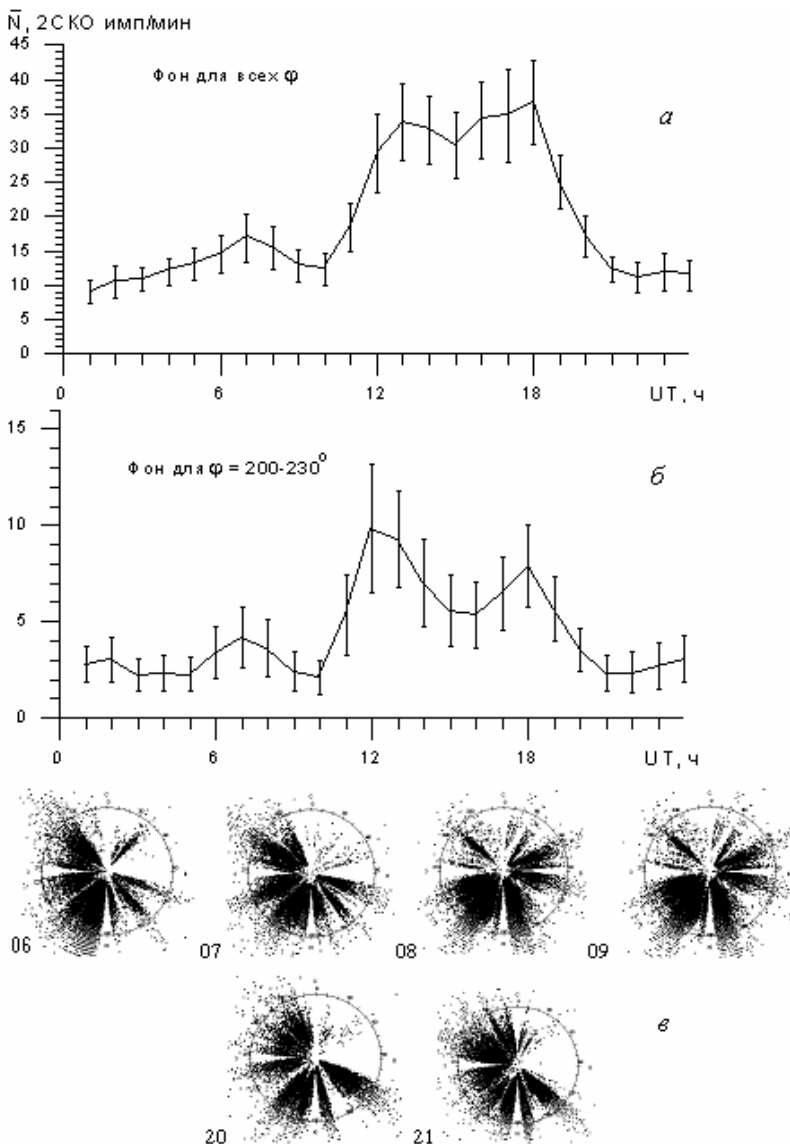


Рис.2. Средний фоновый уровень потока атмосфериков, пришедших в пункт регистрации со всех направлений (а), от источников с азимутами $\varphi = 200-230^\circ$ (б) и полярная диаграмма азимутов (в) в период 6-9, 20-21 августа. Вертикальные отрезки – СКО.

Таких спокойных дней в период наблюдений выпало немного: 6-9 и 20-21 августа, 5-6, 15, 21-22 и 31 октября. На рис.2а приведено среднесуточное распределение количества атмосфериков в минуту, пришедших в пункт наблюдения со всех направлений в августе месяце, а соответствующие им полярные диаграммы для каждого дня – на рис.2в. Полярные диаграммы показывают направления прихода атмосфериков в широком диапазоне азимутов: $\varphi \sim 40-300^\circ$, включая источники в северо-восточном и северо-западном направлениях с преимущественным направлением в створе углов $200-230^\circ$. Среднесуточное распределение количества атмосфериков в этом направлении приведено на рис.2б. Видно, что их максимальное количество наблюдается в местную полночь (12-13 UT) и составляет (10 ± 4) имп/мин, а минимальное – в местный полдень (00-01 UT) и составляет (3 ± 1) имп/мин. Это распределение принято

нами в качестве фонового уровня потока для дальнейшего исследования динамики грозовой активности при тропических циклонах. Данные о тропических циклонах получены по адресу: <http://www.npmoc.navy.mil/jtwc/atcr>). В этот период в 2002 г. в западной части Тихого океана произошло несколько сильных тропических циклонов и тропических репрессий: TS 16W Kammuri, 02-05 августа; TD 17W 05 августа; TS 18W, 10-13 августа; ST 19W Phanfone, 11-20 августа; T 21W Rusa, 22 августа – 01 сентября; T 22W Sinlaku, 28 августа – 08 сентября; T 26W Bavi, 09-14 октября; T 29W Maysak, 25-30 октября, а также TD 27W, 17-19 октября и TD 28W 18-19 октября. Динамика грозовой активности во время их существования детально исследована в работе. В качестве примера приведен результат обработки данных во время тайфуна Rusa 21W, 22 августа - 01 сентября.

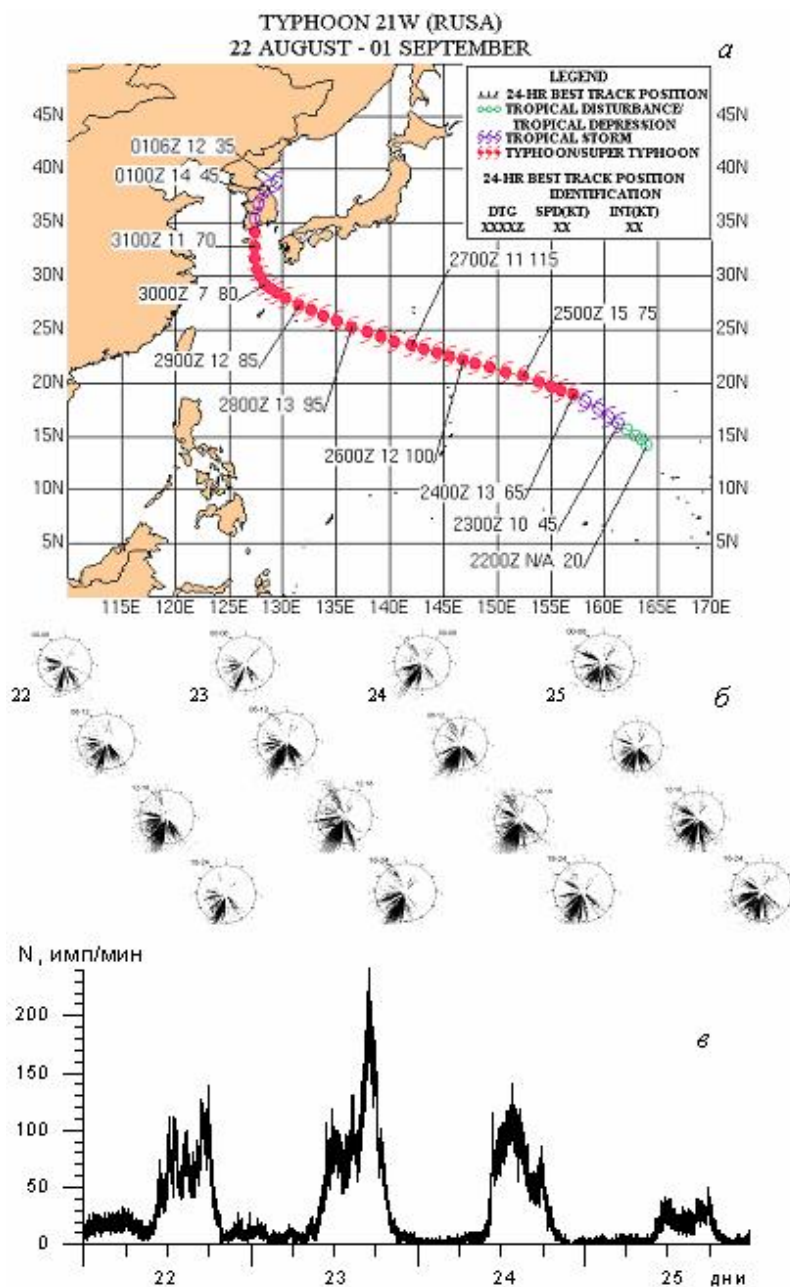


Рис.3. Траектория тропического шторма Rusa 21W в период 22-25 августа (а), азимутальные распределения направлений на источники сигналов (б) и суточное распределение потока атмосфериков в секторе 170-205° в этот период (в). Четырехзначные цифры на траекториях вблизи стрелок указывают дату и время 00Z (00 UT), двух и трехзначные цифры, ближайшие к траектории, указывают скорость ветра в узлах (1 узел = 1,87 км/ч).

На рис.3 приведены траектория движения центра тайфуна (а), последовательность полярных диаграмм на источник сигналов через каждые 6 ч для первых четырех дней развития тайфуна (б) и суточная зависимость потока атмосфериков в выделенном интервале азимутов 170-205° (в). Как видно из рис.3в, суточный ход $N(t)$ по форме близок к традиционному фоновому, но с более высоким уровнем N по сравнению с фоновым. Днем наблюдался повышенный уровень активности (до 20 имп/мин) только 22 августа, в остальные дни он был на фоновом уровне. А усиление в ночное время было зарегистрировано только 22-24 августа. В последующие дни, начиная с 25 августа, существенного усиления потока сигналов в течение этого тайфуна не наблюдалось, поэтому на рисунке эти данные отсутствуют. Согласно траектории развития тайфуна, период 22-24 августа совпадает со стадией депрессии при минимальной скорости ветра.

Ранее в работе [3] был выполнен временной и спектральный анализ суточных вариаций

атмосферных радишумов на частоте 4,65 кГц, наблюдаемых на Камчатке в августе и октябре 2002 г. во время тропических циклонов. В их спектрах мощности была выделена полоса колебаний $T = 0,5-3$ ч с максимумом $T = 2-3$ ч. Интенсивность этих спектральных компонент в 1,5-2 раза превышает уровень фона и заметно изменяется в процессе развития циклонов. В данной работе исследована динамика грозовой активности, сопровождающей эти же тропические циклоны. Выполнено сравнение суточных вариаций потока атмосфериков и атмосферных радишумов в процессе развития циклонов. Получено, что максимальная интенсивность спектральных компонент в полосе периодов $T = 0,5-3$ ч совпадает с максимумом суточного распределения потока атмосфериков. На рис.4 показаны соответствующие кривые для тайфуна Rusa (слева) 22 – 25 августа и тайфуна Sinlaku (справа) 28 августа – 01 сентября. В итоге можно сделать вывод, что источником усиления внутренних гравитационных волн в атмосфере и нижней ионосфере Земли являются мощные грозовые разряды в стадии депрессии и зарождения тропических циклонов, а не шквальные ветры, достигающие максимальной интенсивности в центре циклонов.

В отсутствие циклонов характер суточной кривой атмосферных радишумов над океаном совпадает с классическим ходом уровня от удаленных источников и

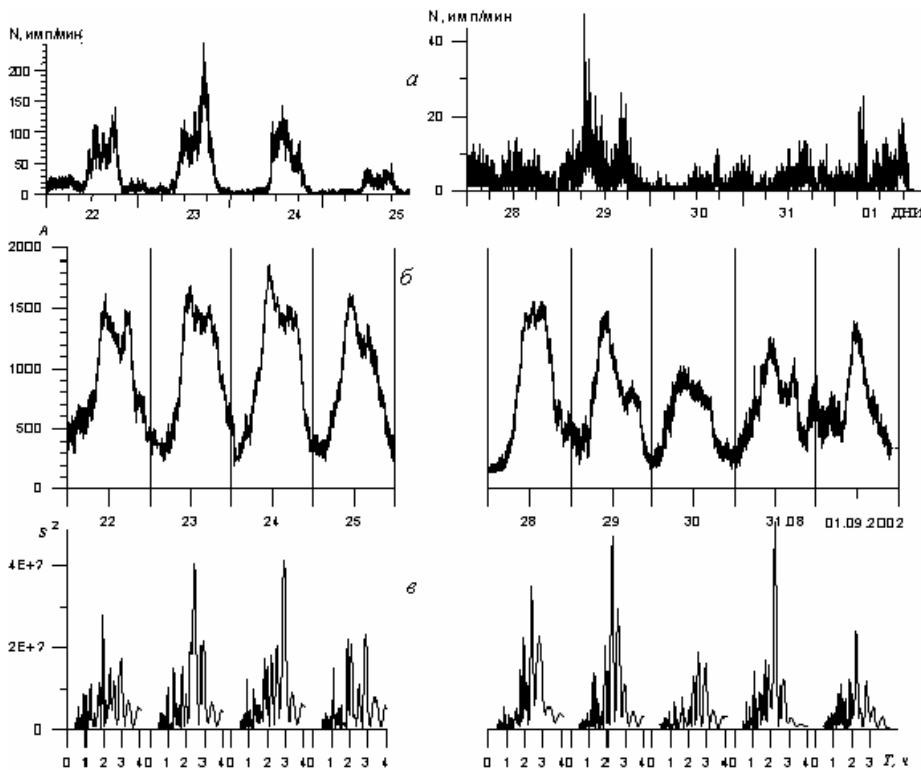


Рис.4. Суточные вариации потока атмосфериков N имп/мин (а), интенсивности атмосферных радишумов на частоте 4,65 кГц (б) и спектров мощности радиопомех в полосе периодов 0,5-3 ч (в) для тайфунов Rusa (слева) 22-25 августа и Sinlaku (справа) 28 августа – 01 сентября 2002 г.

разное время суток составляет часы (4, 7, 8), а интенсивность их при этом изменяется в очень широких пределах: днем от 5 до 70-100, ночью - от 20 до 250 имп/мин.

Анализ всей совокупности данных о потоках атмосфериков на Камчатке как меры грозовой активности во время тропических циклонов в западной части Тихого океана показал следующее:

- в отсутствие циклонов максимальный уровень потока атмосфериков над океаном наблюдался в ночное местное время (13 UT = 00 LT) и составлял в среднем (10 ± 4)

определяется условиями распространения ОНЧ – электромагнитных волн в волноводе Земля-ионосфера [4]. Во время тропических циклонов, как показано выше, этот суточный ход нарушается за счет появления anomalно больших потоков атмосфериков в дневное время. Представляло интерес оценить продолжительность (τ) и интенсивность (N имп/мин) anomalно повышения потоков атмосфериков над фоновым уровнем. Показано, что средняя длительность anomalных потоков в

имп/мин, а в освещенное время суток, исключая послеполуденный всплеск в (4 ± 2) имп/мин, средний поток составлял (3 ± 1) имп/мин;

- усиление грозовой активности происходило преимущественно на стадии тропической депрессии, независимо оттого, перерастала она в тропический шторм или нет;

- в состоянии зрелости тропического циклона, когда скорость ветра достигает максимальной величины, уровень грозовой активности практически не превышал фоновый;

- в ночное местное время во время тропических циклонов поток атмосфериков в среднем возрастал примерно в восемь раз, достигая в некоторых случаях величин порядка 250 имп/мин при фоновом значении 10 имп/мин. При этом продолжительность периода аномалии изменялась по-разному, становясь меньше или больше продолжительности фонового максимума;

- в освещенное время суток во время тропических циклонов аномальные всплески потоков атмосфериков проявлялись наиболее ярко. Средняя длительность этих всплесков составляла 7 ч, а их интенсивность изменялась в очень широких пределах (5-100 имп/мин) с резким вступлением и окончанием;

- сравнение суточного распределения потоков атмосфериков во время тропических штормов и спектров мощности суточного распределения атмосферных радишумов, измеренных одновременно во время тропических циклонов, показало, что максимальная интенсивность компонент в полосе 0,5-3 ч (периоды внутренних гравитационных волн в атмосфере) приходится на периоды высокой грозовой активности. Этот результат позволяет утверждать, что источником этих волн в атмосфере и нижней ионосфере Земли являются грозовые разряды, сопровождаемые ударными волнами при расширении молниевых каналов, а не шквальные ветры.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 02-05-79066, 04-05-65100).

Список литературы

1. Каталог импульсных электромагнитных предвестников землетрясений. Под ред. Зубкова С.И. – М.: ИФЗ АН СССР. 1991. – 116с.
2. Дружин Г.И., Тарасенко Д.В., Пухов В.М., Злыгостев А.В. Аппаратный комплекс для определения азимутальных углов прихода импульсов ОНЧ – излучений // Солнечно-земные связи и электромагнитные предвестники землетрясений. Тез. докл. II Международного совещания 14-19 августа 2001. П.-Камчатский. 2001. С. 32 – 33.
2. Михайлов Ю.М., Михайлова Г.А., Капустина О.В., Дружин Г.И., Чернева Н.В. Возможные атмосферные эффекты в нижней ионосфере по наблюдениям атмосферных радишумов на Камчатке во время тропических циклонов // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 45. №6. 2005. С. 824-839.
3. Терина Г.И. Частотные спектры атмосфериков и атмосферных радиопомех над океаном // Геомагнетизм и аэрономия. 1965. Т.5, №4. С.721-727.