

# Реакция квазистатического электрического поля в приземной атмосфере на Камчатке на геомагнитные бури

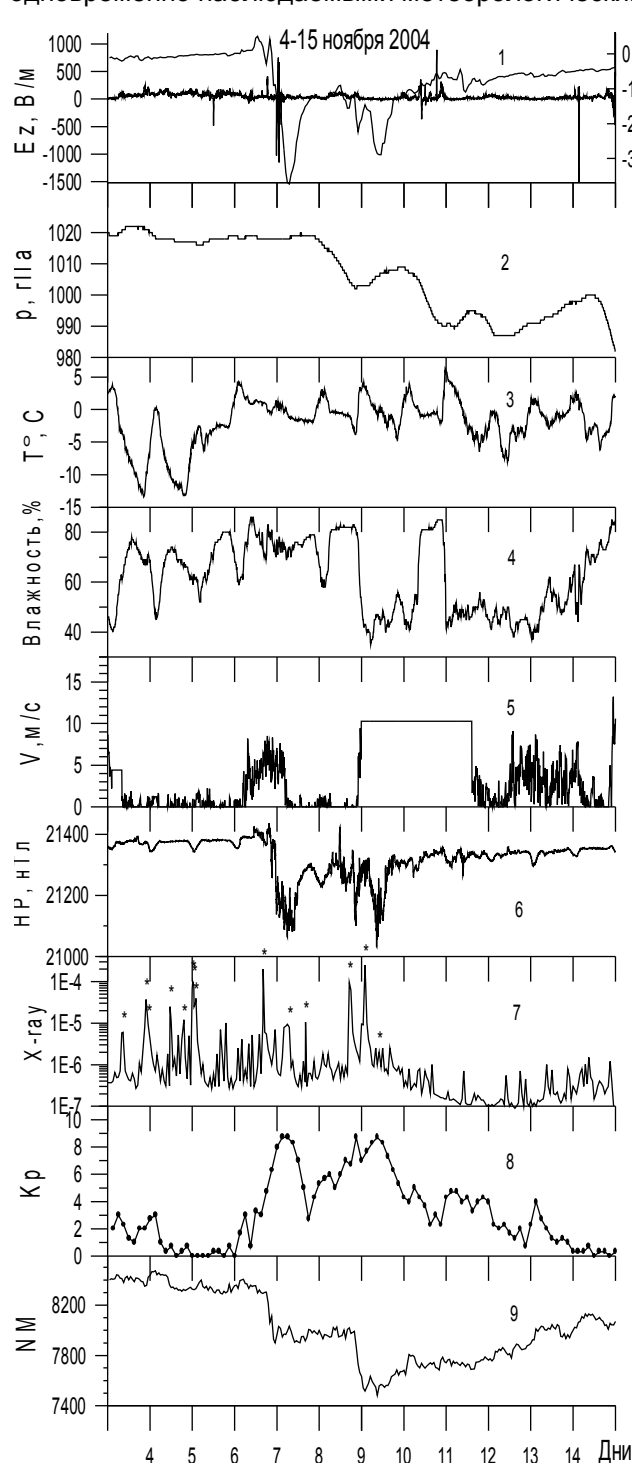
Смирнов С. Э.<sup>1</sup>, Михайлова Г.А.<sup>2</sup>, Капустина О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с. Паратунка (Камчатский край)

<sup>2</sup>Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.Н.В. Пушкова, г. Троицк (Московская обл.)

e-mail: [sergey@ikir.ru](mailto:sergey@ikir.ru)

Исследованы эффекты геомагнитных бурь 8 и 10 ноября 2004 г. в вариациях напряженности и спектров мощности электрического поля в приземной атмосфере на Камчатке в комплексе с одновременно наблюдаемыми метеорологическими и геофизическими параметрами.



Кривые 1 - напряженность квазистатического электрического поля ( $E_z$ , В/м) с дискретностью по времени 1 мин, а также значения  $D_{st}$  - индекса (нТл), определенные с дискретностью по времени 1 ч.

Кривые 2-5 - соответственно, давление ( $P$ , гПа); температура ( $T$ , °С); влажность (%) атмосферы и скорость ветра ( $V$ , м/с), измеренные с дискретностью по времени 10 мин в обс. Паратунка.

Кривая 6 - горизонтальная компонента геомагнитного поля ( $H_P$ ), измеренная в обс. Паратунка феррозондовым магнитометром с точностью 0.01 нТл и с дискретностью по времени 1 мин.

Кривая 7 - последовательность солнечных вспышек, измеренная на спутнике GOES-12 [<http://goes.ngdc.noaa.gov/data/avg/>].

Кривая 8 - трехчасовые значения локального К-индекса на Камчатке.

Кривая 9 - поток галактических космических лучей ( $N$  - число частиц/мин), измеренный нейтронным монитором с дискретностью по времени 1 мин в обс. Стекольный ИКИР ДВО РАН.

4-5 ноября при слабой геомагнитной активности ( $K \leq 3$ ) солнечная активность в оптической области спектра была слабой (SF) и нормальной (N). В этих условиях суточный ход температуры атмосферы (кривая 3) изменялся типичным образом, т.е. максимум температуры  $T = +4^\circ\text{C}$  приходился на местный полдень (01:30 UT) и минимум  $T = -14^\circ\text{C}$  - перед восходом Солнца. Соответственно в противофазе с температурой влажность воздуха составляла величины  $\sim 40$  и  $\sim 75\%$ . В отсутствие облачности и осадков давление атмосферы изменялось незначительно, а скорость ветра была менее 2 м/с, т.е. выполнялись условия так называемой "хорошей погоды". В этих условиях напряженность электрического поля, имела характерный суточный ход с типичной аномалией на восходе Солнца [3]. Далее в  $t = 01:00$  UT 6 ноября произошла солнечная вспышка, в оптической области спектра

которой яркость усилилась до 2N. В результате поступления дополнительного тепла в атмосферу произошло резкое искажение суточного хода температуры и влажности атмосферы: разница температуры между днем и ночью составляла величину  $\sim 4^{\circ}\text{C}$ . 7 ноября в  $t \sim 16:00$  UT произошла следующая мощная вспышка (X2.0/2B), которая привела к дальнейшему повышению температуры в полдень до  $+5^{\circ}\text{C}$  и росту влажности до 85%, а также к усилению ветра до  $\sim 7$  м/с. Такие резкие изменения атмосферных процессов в нижнем слое атмосферы, как известно, могут сопровождаться усилением турбулентных и конвективных потоков воздуха и приводить к образованию облачности и осадков. Действительно в период 6 - 10 ноября наблюдалась сплошная облачность с прояснениями, а в период 7 - 9 ноября выпал снег. Более того, в таких метеорологических условиях возможно образование грозных облаков. Действительно, в полдень 8 ноября в вариациях напряженности электрического поля наблюдались большой величины ( $\pm 800\text{В/м}$ ) знакопеременные колебания, характерные для грозных процессов [2]. Это грозное явление совпало по времени с главной фазой геомагнитной бури 8 ноября (кривая 1), а ее начало - с началом Форбуш-эффекта ГКЛ (кривая 9).

Во время геомагнитной бури 10 ноября при относительно высокой температуре воздуха, но низкой влажности подобное явление не наблюдалось, однако 11 ноября при высокой температуре воздуха влажность его возросла до 90%, что привело также к зарождению грозных процессов в атмосфере и появлению сильных знакопеременных вариаций напряженности электрического поля.

Кроме того, на вторые сутки после начала геомагнитных бурь (кривая 2) наблюдался отрицательный перепад суточного давления порядка 20 гПа. В периоды главных фаз геомагнитных бурь, совпадающих с резким понижением интенсивности ГКЛ, вариации отрицательных возмущений электрического поля ведут себя по-разному: во время бури 8 ноября отрицательное возмущение по величине заметно уменьшается за счет возмущения поля грозного характера, а во время бури 10 ноября несколько возрастает.

Были построены спектральная плотность мощности  $E_z$  – компоненты поля в полосе тепловых приливных волн (ТПВ) (4 – 24 ч), внутренних гравитационных волн (ВГВ) (0.5 – 3 ч и 6 – 30 мин) и волн планетарного масштаба (ВПМ) (4 – 48 ч). В спектре ТПВ выделяется основная компонента с  $T \sim 24$  ч и ее гармоники с  $T \sim 12$ , 8 и 4 ч, а в спектре ВГВ – компоненты с  $T \sim 1.5$  и 2.5 ч., интенсивность которых почти на два порядка по величине ниже компонент ТПВ. В полосе периодов ВПМ преобладает компонента с периодом  $T \sim 48$ ч. Подобный характер спектров мощности электрического поля в условиях “хорошей погоды” наблюдался на Камчатке, например, в сентябре 1999 г. [1].

6 ноября в результате мощной солнечной вспышки, сопровождаемой аномалией в суточных вариациях температуры и влажности атмосферы, произошли такие изменения спектров мощности: нарушилась периодичность компонент с  $T = 8$  и 12 ч, а интенсивность компоненты с  $T \sim 24$  ч уменьшилась почти в два раза, в то время как почти на порядок по величине возросла интенсивность спектра в полосе ВГВ. Усложнился также спектр ВПМ за счет усиления компоненты с  $T = 24$  ч. В период с 12:00 UT 7 ноября по 12:00 UT 8 ноября, включающий в себя главную фазу бури 8 ноября и сильные грозные процессы, в полосе ТПВ компоненты с  $T \sim 8$ , 12 и 24 ч слились в один широкий максимум с дальнейшим их ослаблением по сравнению с условиями “хорошей погоды”. Усилились практически на два порядка по величине компоненты спектра в полосе ВГВ. В полосе ВПМ преобладает компонента с периодом  $T \sim 12$  ч и сильно подавлена компонента с  $T \sim 48$  ч. Сравнивая спектры мощности в полосе периодов ТПВ и ВГВ 7 – 8 ноября и 10 – 11 ноября, можно сделать вывод, что основной вклад в спектр электрического поля во время главной фазы бури 8 ноября внесли грозные процессы.

Сильное различие по составу компонент и их интенсивности в спектрах мощности электрического поля и горизонтальной компоненты геомагнитного поля, как в условиях “хорошей погоды”, так и в геомагнитную бурю 10 ноября свидетельствует об отсутствии причинно-следственных связей между этими параметрами. Влияние ГКЛ на электрическое поле в приземной атмосфере проявляется только на периодах  $T \sim 48$  ч, когда интенсивность этой компоненты возрастает на два порядка по величине и проявляется в усилении интенсивности этой компоненты на два порядка по величине по сравнению с условиями «хорошей погоды».

## Литература

1. Михайлова Г.А., Михайлов Ю.М., Капустина О.В., Дружин Г.И., Смирнов С.Э. Спектры мощности тепловых приливных и планетарных волн в приземной атмосфере и в D-области ионосферы на Камчатке. // Геомагнетизм и аэрономия. 2009. Т.49. №5. С. 639-653
2. Михайлова Г.А., Михайлов Ю.М., Капустина О.В., Смирнов С.Э. Эффекты грозной активности в спектрах мощности электрического поля в приземной атмосфере на Камчатке // Геомагнетизм и аэрономия. 2010. Т.50. № 6. С.843-852.
3. Смирнов С.Э., Михайлова Г.А., Капустина О.В. К вопросу о природе эффекта восхода Солнца в суточных вариациях электрического поля атмосферы на Камчатке. I. Временные вариации электрического поля. // Геомагнетизм и аэрономия. 2012. Т.52. №4. С.535-540.