

**СПЕКТРЫ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПРИЛИВНЫХ И ПЛАНЕТАРНЫХ ВОЛН
В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ, В D – И ДИНАМО - ОБЛАСТЯХ ИОНОСФЕРЫ
НА КАМЧАТКЕ**

**POWER SPECTRA OF THERMAL TIDAL AND PLANETARY WAVES
IN THE NEAR EARTH'S ATMOSPHERE AND IN THE IONOSPHERE
D AND DYNAMO REGIONS AT KAMCHATKA**

Г.А.Михайлова¹, Ю.М.Михайлов¹, О.В.Капустина¹, Г.И.Дружин², С.Э.Смирнов²

¹ Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН,
г.Троицк (Московская обл.), e-mail: yumikh@izmiran.ru

² Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
п.Паратунка (Камчатский край), e-mail: sergey@ikir.kamchatka.ru, drug@ikir.kamchatka.ru

Spectral analysis of the diurnal variations in the quasi-static electric field in the near Earth's atmosphere, VLF atmospheric radio noise at a frequency of 5.3 kHz and in the horizontal component of the geomagnetic field simultaneously observed in September–October 1999 at Paratunka observatory of the Institute of Cosmophysical Research and Radiowave Propagation, has been performed. The variations in the intensities of the spectral power density and the period durations of the variations in the T ~ 8–24 h band and higher as functions of the different sources have been studied.

Исследованию волновых процессов на различных высотах атмосферы посвящено большое количество работ [1,2и цитируемая там литература], в которых использовались разнообразные радиофизические методы. В настоящее время такие исследования активно проводятся на Камчатке в обс. «Паратунка» ИКИР ДВО РАН ($\lambda=158.25^\circ\text{E}$; $\varphi=52.9^\circ\text{N}$), где в качестве косвенных средств изучения волновых процессов используются суточные вариации E_z - компоненты квазистатического электрического поля в приземной атмосфере, ОНЧ - атмосферного радишума на частоте 5.3 кГц и горизонтальной компоненты геомагнитного поля, измеренные одновременно с дискретностью по времени 1 мин в период наблюдений сентябрь-октябрь 1999 г. (Для E_z - компоненты только сентябрь месяц). Ранее авторами в спектрах мощности суточных вариаций этих геофизических параметров впервые был выделен полный набор колебаний в широком диапазоне периодов атмосферных волн, включая внутренние гравитационные (ВГВ, $T < 3.5$ ч), тепловые приливные ($T \leq 24$ ч) и волны планетарных масштабов ($T > 24$ ч).

Ниже представлены результаты исследования спектров мощности указанных выше геофизических параметров в полосе периодов тепловых приливных волн и волн планетарных масштабов. Состояние геомагнитной активности (ΣK_p и Dst-вариации), а также поведение метеорологических параметров (осадки, давление) показаны на рис.1 (нижние кривые). Видно, что в сентябре месяце с 10 по 30, а в октябре – с 10 по 20 и с 20 по 30 наблюдались периоды высокой геомагнитной активности продолжительностью ~ 8 - 10 суток, на фоне которых имели место изолированные магнитные бури с Dst-вариацией ~180 нТл (22 сентября) и ~ 250 нТл (22 октября), осадки, особенно мощные (~ 40 мм/м²) 25-26 сентября, сильное землетрясение 18 сентября с параметрами 21.28:33.17 UT, $\varphi = 51.21^\circ\text{N}$, $\lambda = 157.56^\circ\text{E}$, $h = 60$ км, $M = 6.0$, а также более слабые землетрясения 6 сентября с параметрами 15.04:52.81 UT, $\varphi = 52.10^\circ\text{N}$, $\lambda = 159.15^\circ\text{E}$, $h = 55$ км, $M = 5.0$; 5 и 24 октября с параметрами 05.01:35.94 UT, $\varphi = 51.21^\circ\text{N}$, $\lambda = 157.61^\circ\text{E}$, $h = 76$ км, $M = 5.6$ и 12.24:50.07 UT, $\varphi = 52.23^\circ\text{N}$, $\lambda = 159.65^\circ\text{E}$, $h = 44$ км, $M = 5.3$ соответственно.

Оценка спектральной плотности мощности исходных записей (далее для краткости, спектров мощности) выполнена методом периодограмм с прямоугольным временным «окном» длительностью $t_i = 8$ суток, которое смещалось на одни сутки вдоль временного ряда данных. При этом исходные значения усреднялись на интервале в 8 мин, исключались их средние значения, и полученный новый ряд значений дополнялся нулями до периода, в два раза превышающего исходную длительность. Эта процедура позволяет получать более детальное представление спектра по частоте и расширять его в область более низких частот. Вариации интенсивностей максимумов в спектрах мощности S и их периодов T попарно для компонентов с периодами вблизи 12, 24 ч и выше для трех рассмотренных в работе геофизических параметров показаны на рис.1 – рис.3. Каждое значение на графике соответствует середине интервала в 8 суток, на котором оценивалась спектральная плотность мощности. Детальное описание результатов спектральной обработки суточных вариаций этих трех параметров приведено в [3,4].

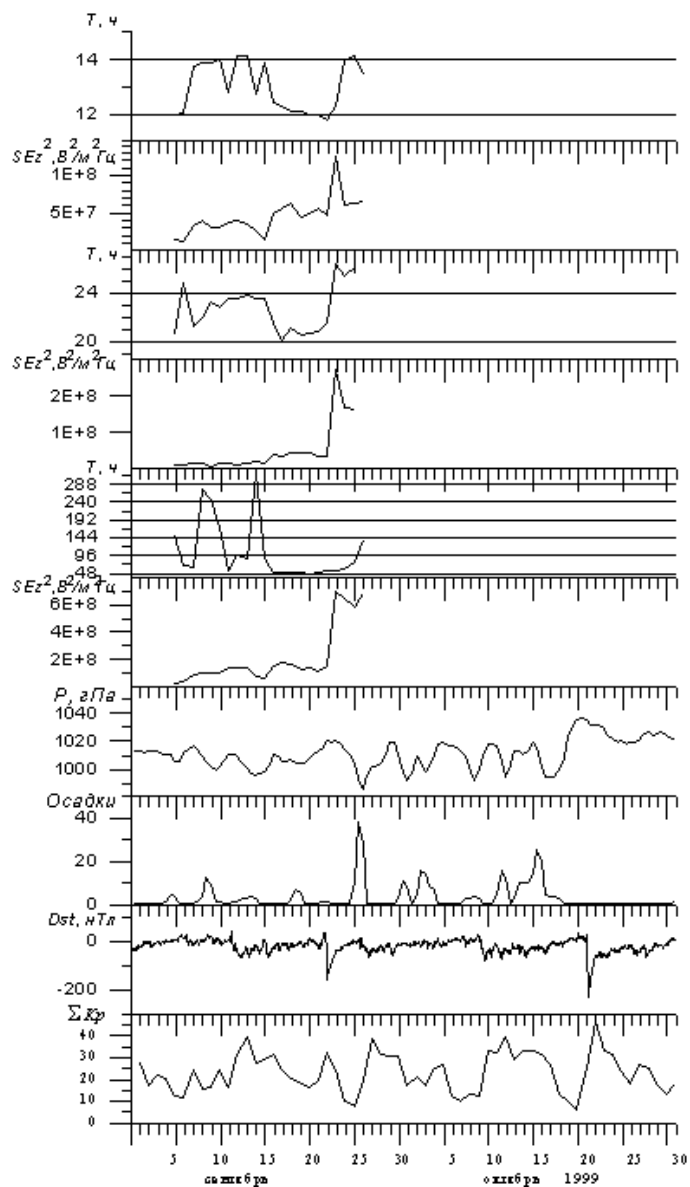


Рис.1

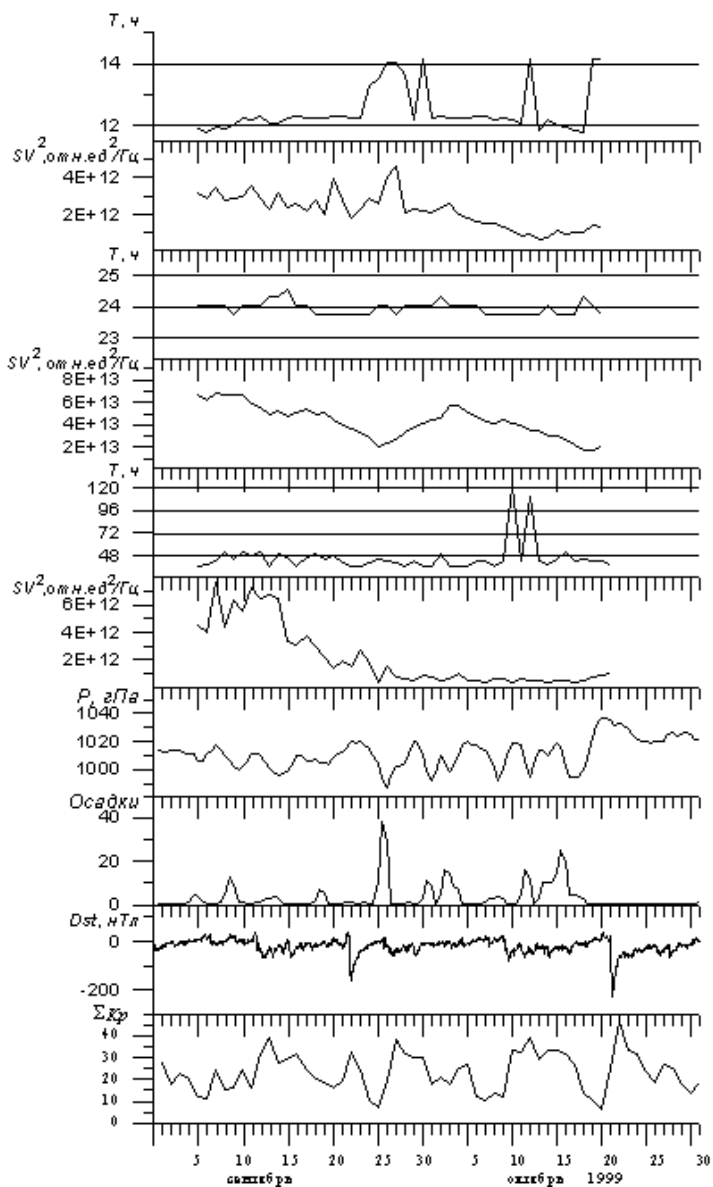


Рис.2

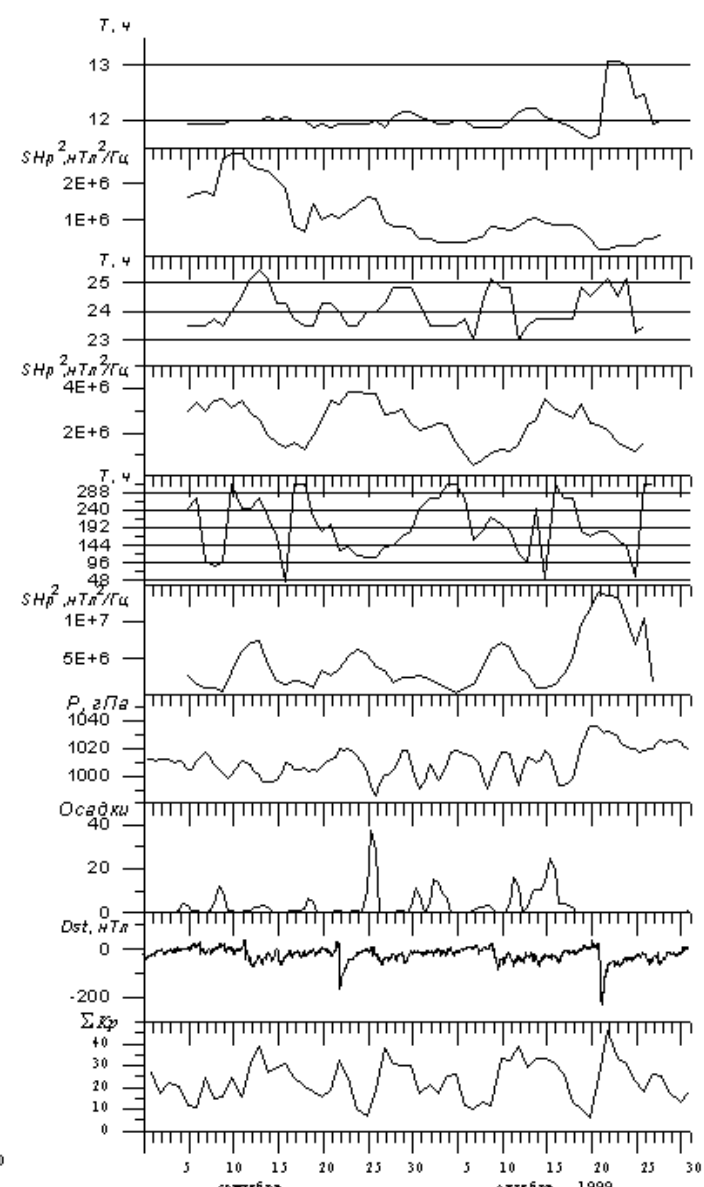


Рис.3

Вариации интенсивности максимумов в спектрах мощности и длительности периодов этих максимумов вблизи 12,24 ч и более (попарно последовательность соответствующих кривых сверху вниз). На рисунке приведены кривые среднесуточных значений атмосферного давления гПа, осадков в мм/м², минутные значения Dst – вариаций в нТл и суточные вариации ΣKp - индекса.

Выводы

Вся совокупность полученных в [3,4] результатов позволяет сделать вывод об особенностях волновых процессов в приземной атмосфере и на высотах D – и динамо-областей ионосферы в спокойных геофизических условиях, при высокой геомагнитной активности и при единичных событиях (землетрясения и магнитная буря) по вариациям спектральной плотности мощности квазистатического электрического поля, ОНЧ - атмосферных радишумов и горизонтальной компоненты геомагнитного поля, измеренных одновременно на Камчатке.

1. В спокойных геомагнитных условиях в спектрах мощности рассмотренных геофизических параметров присутствуют компоненты, периоды которых близко совпадают с собственными колебаниями атмосферы. Это периоды тепловых приливных волн и волн планетарного масштаба, обусловленные волновым излучением Солнца.

2. Под действием корпускулярных потоков от Солнца при высокой геомагнитной активности характер спектров этих параметров изменяется по-разному:

а) в спектрах мощности квазистатического электрического поля эффект проявляется в увеличении длительности периода колебаний с 12 до 14 ч синхронно с вариациями величины ΣKp – индекса и в усилении интенсивности этих колебаний;

б) синхронно с вариациями ΣKp – индекса усиливаются колебания в полосе периодов $T \sim 48 - 288$ ч;

в) во время сильной магнитной бури эффект проявляется в резком увеличении длительности периодов с 12 до 14 и с 20 до 26 ч с одновременным усилением интенсивности этих колебаний;

г) эффект сильного землетрясения ($M = 6$) в отличие от более слабого землетрясения проявляется в резком уменьшении периодов с 14 до 12 и с 24 до 20 ч соответственно с одновременно незначительным усилением интенсивности;

д) при наличии обильных осадков существенно возрастает интенсивность колебаний в полосе периодов 24 – 192 ч как по сравнению с колебаниями с $T \sim 12$ ч, так и по сравнению с интенсивностью при других геофизических условиях;

е) при высокой геомагнитной активности в спектрах мощности ОНЧ – атмосферного радишума на частоте 5.3 кГц длительность периодов колебаний с $T \sim 12, 24$ и 48 ч сохраняется практически постоянной, а интенсивность этих колебаний последовательно уменьшается с ростом величины ΣKp -индекса и достигает минимума в день с сильной магнитной бурей. В день с сильным землетрясением отмечено слабое усиление интенсивности колебаний;

ж) при высокой геомагнитной активности в спектрах мощности горизонтальной компоненты геомагнитного поля эффект проявляется в изменении периодов колебаний в полосе 12 – 192 ч синхронно с изменением величины ΣKp -индекса. Интенсивность колебаний с периодами 12 и 24 ч модулирована колебаниями с периодом порядка 15-20 суток, в то время как интенсивность колебаний с периодами выше 24 ч модулирована колебаниями с периодом 10-12 суток, совпадающим с третьей резонансной гармоникой собственных колебаний Солнца;

з) несовпадение спектров мощности волновых возмущений в приземной атмосфере и на высотах ионосферы, по-видимому, может быть связано как с различными источниками этих волн, так и с особенностями их распространения в атмосфере [5]. Не исключено, что усиление планетарных волн в приземной атмосфере связано с усилением глобальной циркуляции в тропосфере во время геомагнитных возмущений, а в динамо-области – с локальной неустойчивостью, вызванной высыпанием корпускулярных потоков и нарушением ветрового режима.

Литература

1. Митра А. Воздействие солнечных вспышек на ионосферу Земли. М.: Мир, 370с. 1977 (перевод с англ. А.Р. Mitra. *Ionospheric Effects of Solar Flares*. Comp. Dordrecht-Holland. Boston: D.Reidel Publish. 1974).
2. Волновые возмущения в атмосфере / Ред. А. Д. Данилов и др. Алма-Ата: Наука КазССР, 198 с. 1980.
3. Михайлова Г.А., Михайлов Ю.М., Капустина О.В., Смирнов С.Э. Эффекты геомагнитных возмущений в спектрах мощности атмосферных волн в динамо-области ионосферы на Камчатке // Геомагнетизм и аэрономия. Т.49. №2. С. 262-266. 2009.
4. 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. Т.49. №5. С.639 –652. 2009.
5. Charney J.G., Drazin P.G. Propagation of planetary – scale disturbances from the lower into the upper atmosphere // *J. Geophys. Res.* V.66. No1. P.83-109. 1961.