

Эффект восхода Солнца в суточных вариациях напряженности электрического поля

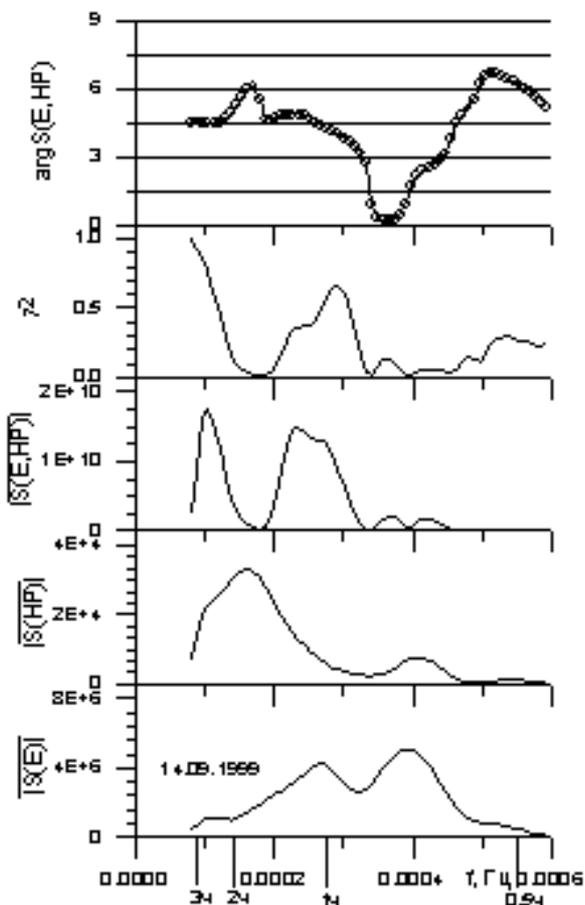
Смирнов С. Э.¹, Михайлова Г.А.², Капустина О.В.²

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

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

e-mail: sergey@ikir.ru

Рассмотрены суточные вариации напряженности электрического поля (НЭП), электропроводности и температуры в приземной атмосфере в условиях «хорошей погоды» в obs. «Паратунка» ($\varphi=53^\circ\text{N}$; $\lambda=158,3^\circ\text{E}$) (Камчатка). В качестве меры интенсивности конвективного потока воздуха выбрана разность температур атмосферы у поверхности земли и на высоте 25 м. Анализ данных показал, что наиболее близкая связь вариаций НЭП с разностью температур проявляется на восходе Солнца с коэффициентом корреляции $0,6 \pm 0,1$. После восхода в результате турбулентного теплообмена вступают в действие турбулентные процессы перемешивания и механический перенос вверх конвективным потоком воздуха положительного объемного заряда, накопленного ночью вблизи поверхности земли. Это, в свою очередь, приводит к увеличению электрического тока в глобальной электрической цепи, возрастанию НЭП и электропроводности вблизи поверхности земли, что и наблюдается в эксперименте [5]. При больших значениях разности температур, до 12°C , часто в этих параметрах визуально наблюдались колебания с периодами, совпадающими с периодами внутренних гравитационных волн (ВГВ). По-видимому, эти колебания вызваны зарождением конвективных ячеек с турбулентным движением положительно заряженных ядер конденсации. Оцененные нами параметры эффекта восхода Солнца: времена его начала и достижения максимума величины напряженности поля относительно времени восхода, а также отношение максимума к величине до восхода и длительность эффекта, близко согласуются с ранее опубликованными в литературе данными. Тем самым подтвержден вывод о том, что эффект восхода в суточных вариациях НЭП обусловлен локальными процессами турбулентности и конвекции в приземной атмосфере при изменении ее температуры [6].



Далее исследованы спектры мощности временных вариаций НЭП и горизонтальной компоненты геомагнитного поля (HP), наблюдаемых одновременно в обсерватории в сентябре 1999 г. Рассмотрены периоды суток, включающие в себя восход и заход Солнца, а также ночное время. В качестве примера метода спектральной обработки на рисунке приведены кривые автоспектров $S(E)$ и $S(HP)$, взаимного спектра $S(E, HP)$ и его аргумента, а также квадрата функции когерентности γ^2 . Видно, что в автоспектре мощности $S(E)$ преобладают компоненты в полосе периодов $T < 1$ ч и $T \sim 1$ ч, интенсивность которых существенно превышает компоненты с $T \sim 2-2,5$ ч. В автоспектре $S(HP)$ и во взаимном спектре $S(E, HP)$ колебания с периодами $T < 1$ ч сильно подавлены, а величина $\gamma^2 \sim 0,1$, что указывает на отсутствие связи волновых процессов в приземной атмосфере и в динамо - области ионосферы. Более того, положительная производная аргумента по частоте указывает также, что процесс в динамо-области запаздывает относительно земли. Так что источник колебаний ниже 1 ч сосредоточен в нижней атмосфере. Два других максимума во взаимном спектре на $T \sim 1$ ч и $T \sim 2-2,5$ ч с $\gamma^2 \sim 0,9$ и $\sim 0,6$ соответственно и с отрицательной производной его аргумента указывают на связь процессов в нижней атмосфере и динамо-области таким образом, что источник этих колебаний

расположен в динамо - области или выше. Подобный характер спектров мощности наблюдался во всех 13 одновременных записей в условиях «хорошей погоды» в сентябре месяце. Подобные колебания наблюдались ранее в квазипериодических вариациях других геофизических параметров, например, во флуктуациях атмосферного давления, а также на высотах D – и динамо - областей ионосферы [3]. Возможно, эти колебания обусловлены глобальными колебаниями Солнца, которые могут воздействовать на атмосферу Земли через соответствующие колебания солнечного излучения, как в оптическом диапазоне, так и в корпускулярных потоках. Наличие таких колебаний Солнца как сферы с $T \sim 160$ мин действительно было обнаружено сравнительно давно [4]. В данной работе показано их усиление на восходе Солнца.

Колебания в спектрах мощности рассмотренных параметров вблизи периода $T \sim 1,5$ ч, как показано в работе, обусловлены источниками либо в динамо-области, либо выше нее. Возможно, как показано в работе [1], эти колебания обусловлены собственными радиальными колебаниями ионосферы, которые, по оценкам авторов, составляют величины $T \sim 85,8$ мин (D-область), 86,8 мин (E-область), 87,6 мин (F1-область) и 89,5 мин (F2-область). Эти колебания проявляются в периодических сжатиях и расширениях всей толщи газа и выражаются в изменении его плотности, давления и температуры.

Компоненты в спектрах мощности НЭП в полосе периодов $T < 1$ ч включают в себя диапазон собственных колебаний Земли, $T \sim 57$ мин, которые, как показано в работе [3], усиливались в период подготовки землетрясения. Более того, было показано, что они способны распространяться до высот D - и динамо - областей, но только при сильных землетрясениях (с магнитудой $M \geq 6$). Представляло интерес сопоставить интенсивности ВГВ на восходе Солнца и накануне землетрясения. Для этой цели выбраны три землетрясения, произошедшие на Камчатке в сентябре 1999 г. на расстояниях $r \sim 150-250$ км от обсерватории. Автоспектры НЭП, связанные с землетрясениями, по форме близко совпадают с соответствующими спектрами в периоды восхода Солнца: присутствуют преобладающий максимум в полосе периодов 2-2,5 ч и дополнительные менее интенсивные максимумы на периодах $T \leq 1$ ч. По интенсивности последние одного порядка по величине для случая восхода и землетрясений с магнитудой $M < 6$, энергия которых, как показано в работе [3], оказалась недостаточной для прохождения до высот динамо-области. Этот результат позволяет сделать вывод, что колебания ВГВ, возбуждаемые на восходе Солнца в нижней атмосфере, также не могут проникать выше. На наш взгляд, источник этих колебаний в нижней атмосфере связан с вариациями метеорологических параметров на восходе Солнца, т.е. с изменением температуры атмосферы в результате их модуляции вариациями солнечной радиации. Полученный в работе результат не совпадает с выводами работы [2]. Выделенные нами колебания на периодах менее 1 ч, вероятно, могут генерироваться вихревым движением зарождающихся конвективных ячеек, переносящих объемные заряды вверх в пограничном слое атмосферы при увеличении температуры воздуха на восходе Солнца [5]. Но возможны и другие источники этих колебаний.

Литература

1. Александров А.В., Бычков В.С., Ларин И.А., Комков И.В. Колебания переменного магнитного поля Земли с периодом около 1,5 ч // Геомагнетизм и аэрономия. 1992. Т.32. №3. – С.119–124.
2. Кузнецов В.В., Чернева Н.В. Исследование Форбуш-понижений и эффектов терминатора в атмосферном электрическом поле на обсерватории "Паратунка" (Камчатка) // Вест. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. Вып.11. №1. – С.89–97.
3. Михайлова Г.А., Михайлов Ю.М., Капустина О.В., Дружин Г.И., Смирнов С.Э. Прохождение внутренних гравитационных волн на высоты D- и динамо-областей ионосферы в сейсмически активном регионе (Камчатка): предварительные результаты. // Геомагнетизм и аэрономия. 2008. Т.48, №2, – С. 261–269.
4. Северный А.Б. Гелиосейсмология // Земля и Вселенная. 1983. №3. – С.9–14.
5. Смирнов С.Э. Влияние конвективного генератора на суточный ход напряженности электрического поля. // Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений: V междунар. конф., с.Паратунка Камчатский край, 2-7 авг. 2010 г. Сб.докл. / отв. ред. Б.М.Щевцов, В.В.Богданов. - Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2010. – С. 204–208.
6. 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.