

# Воздействие геомагнитных бурь на квазистатическое электрическое поле и метеорологические величины в приземной атмосфере

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,  
Россия

<sup>2</sup>Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.Н.В.  
Пушкова, Россия

e-mail: sergey@ikir.ru yumikh@izmiran.ru

Исследованы эффекты геомагнитных бурь в октябре 2003 г., ноябре 2004 г. и апреле 2010 г. в вариациях напряженности и спектров мощности электрического поля в приземной атмосфере на Камчатке в комплексе с одновременно наблюдаемыми метеорологическими и геофизическими параметрами. Исследования влияния солнечной и геомагнитной активностей на квазистатическое электрическое поле и метеорологические величины в приземной атмосфере на высоких и средних широтах проводятся сравнительно давно. Этому вопросу посвящена довольно обширная литература. Анализ работ, выполненных в последнее время, приведен в работе [1], в которой показана противоречивость полученных результатов и предлагаемых механизмов наблюдаемых эффектов.

Реакцию электрических и метеорологических процессов в приземной атмосфере на мощную геомагнитную бурю целесообразно рассматривать методом наложенных эпох в комплексе с процессами, происходящими на Солнце и у земной поверхности. В этой связи на рис.1 приведены результаты наблюдений различных геофизических и метеорологических величин в период с 21 по 31 октября 2003 г.

Кривые 1 – напряженность квазистатического электрического поля ( $E_z$  – компонента), измеренная прибором “Поле-2” с точностью 0,3 В/м и с дискретностью по времени 1 мин, а также значения  $Dst$  – индекса (нТл), определенные с дискретностью по времени 1 ч.

Кривые 2 и 3 – электропроводности воздуха, обусловленные отдельно положительными ( $\lambda_+$ ) и отрицательными ( $\lambda_-$ ) ионами и измеренные прибором “Электропроводность-2” (в условных единицах).

Кривые 4-8 – соответственно, давление (P, гПа); температура ( $T^{\circ}C$ ); влажность (%); осадки и скорость ветра (V, м/с), измеренные с дискретностью по времени 10 мин в обс. “Паратунка” цифровыми метеостанциями WS-2000 и WS-2300. Выходные данные с них поступают в обсерваторию по радиоканалу на частоте 433 МГц. На кривую 4 нанесена дополнительно величина горизонтальной компоненты геомагнитного поля (H), измеренная в обс. “Паратунка” феррозондовым магнитометром FRG-601G с точностью 0,01 нТл и с дискретностью по времени 1 мин (правая ось ординат).

В работе использованы также данные наблюдений состояния облачности и осадков на местной метеорологической станции. К сожалению, в этот период отсутствовали результаты актинометрических измерений.

Кривая 7 – трехчасовые значения  $K_p$ -индекса.

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.

Кривая 10 – последовательность солнечных вспышек, измеренная на спутнике GOES –12 [<http://goes.ngdc.noaa.gov/data/avg/>].

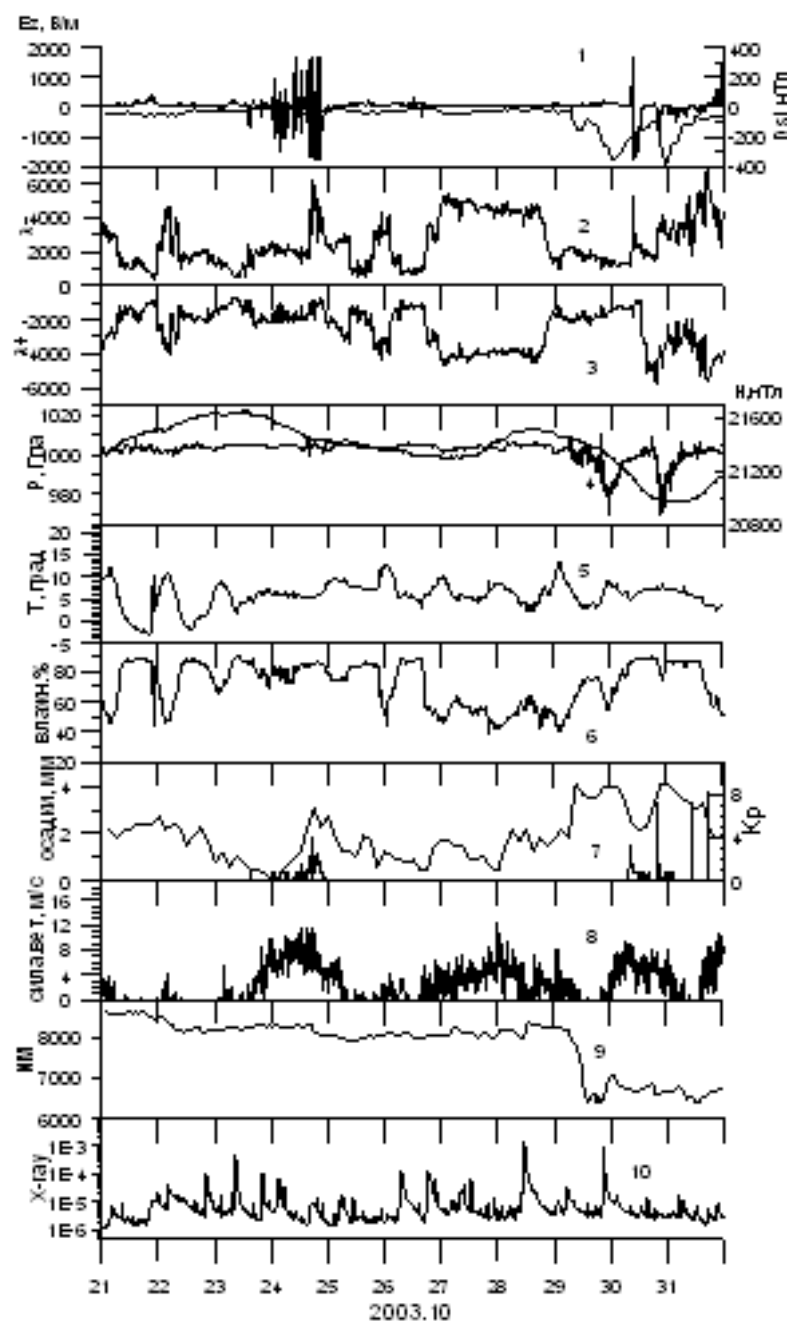


Рис. 1. Суточные вариации электропроводности воздуха, напряженности электрического поля, метеорологических, геофизических и солнечных величин в период 21-31 октября 2003 г.

Исследования суточных вариаций электропроводности воздуха, напряженности электрического поля и метеорологических величин в приземной атмосфере на Камчатке во время солнечных событий в октябре 2003 г. показали следующее [2]:

1. Суточные вариации электропроводности и соответственно напряженности электрического поля проявили сильную зависимость от температуры и влажности воздуха. Этот вывод совпадает с ранее известными результатами.
2. Обнаружено увеличение электропроводности воздуха в течение двух суток накануне геомагнитной бури 29-30 октября в результате действия СКЛ и уменьшение ее во время Форбуш – понижения ГКЛ с соответствующим ростом напряженности электрического поля.
3. Наблюдаемое аномальное повышение температуры и влажности в процессе развития солнечной активности привело к образованию облаков различной формы, включая кучево-дождевые, сопровождаемые ливнями и грозовыми процессами.
4. Совпадение по времени периодов нарушений регулярных метеорологических процессов с последовательностью сильных солнечных вспышек, сопровождаемых усилением излучения в полосе ближнего ультрафиолета, видимой и инфракрасной частей спектра, позволяет рассматривать их в качестве дополнительного притока тепловой энергии в нижнюю атмосферу.
5. Обнаружен отрицательный суточный перепад давления на второй день после геомагнитной бури 29-30 октября.
6. Все перечисленные выше выводы совпадают с результатами подобного анализа солнечных событий в ноябре 2004 г. [1].

Исследования вариаций напряженности и спектров мощности квазистатического электрического поля и метеорологических величин в приземной атмосфере на Камчатке во время солнечных событий в ноябре 2004 г. показали следующее [1]:

1. Последовательность сильных солнечных вспышек, сопровождаемых усилением излучения в оптическом диапазоне ЭМИ Солнца, сопровождалась аномальным повышением температуры и влажности атмосферы, что привело к возбуждению аномально мощных грозовых процессов во время геомагнитной бури 8 ноября.
2. Образование облачности и осадков с момента солнечной вспышки 6 ноября привело к понижению общего фоновому уровню электрического поля по сравнению с условиями “хорошей погоды”.
3. Обнаружено усиление напряженности и интенсивности спектров мощности электрического поля накануне геомагнитной бури 10 ноября с последующим ослаблением этих величин в день бури. Качественно этот эффект может быть связан с действием космических лучей на токи глобальной электрической цепи, которые способны изменить ионизацию атмосферы на различных участках этой цепи (солнечные протоны на высотах  $\sim 50$  км, а ГКЛ на высотах  $\sim 15-20$  км).
4. Во время Форбуш-эффекта наблюдается одновременное усиление интенсивности атмосферных волн планетарного масштаба ( $T \sim 48$  ч) в спектрах мощности ГКЛ и электрического поля.

5. В спокойных геомагнитных условиях наибольшее влияние на электрическое поле в приземной атмосфере оказывают вариации влажности атмосферы, усиливая компоненту в его спектре с периодом  $T \sim 24$  ч.
6. Обнаружен отрицательный суточный перепад атмосферного давления на второй день после обеих геомагнитных бурь, причина которого неясна.
7. Совпадение по времени начала активной фазы на Солнце с нарушением регулярных метеорологических процессов в нижней атмосфере позволило предположить, что эти эффекты обусловлены тепловыми вспышками в оптическом диапазоне волнового излучения Солнца.

Воздействие магнитной бури на электрическое состояние приземного слоя воздуха во время магнитной бури 5 апреля 2010 г. проявляется в трёх эффектах [3]:

1. Резкое падение потока галактических космических лучей, вызванное солнечным ветром. Эффект привел к увеличению уровня электрического поля с 25 В/м до 50 В/м. Он начался за 4 часа до внезапного начала магнитной бури и продлился около 20 часов.
2. Наблюдались большие осцилляции тока проводимости, совпадающие с началом магнитной бури. Такие возмущения, возможно, вызваны индукционными процессами. Длительность этого процесса была около 2 часов.
3. Увеличение коэффициента униполярности ионов в атмосфере была вызвана избытком положительно заряженных частиц. Эффект произошел через 8 часов после начала магнитной бури и длился около 13 часов.

## Литература

1. Смирнов С.Э., Михайлова Г.А., Капустина О.В. Реакция квазистатического электрического поля и метеорологических величин в приземной атмосфере на Камчатке на геомагнитные бури в ноябре 2004 г. // Геомагнетизм и аэрономия. - 2013. - №4 - В печати.
2. Смирнов С.Э., Михайлова Г.А., Капустина О.В. Вариации электрических и метеорологических величин в приземной атмосфере на Камчатке во время солнечных событий в октябре 2003 г. // Геомагнетизм и аэрономия. - 2014. - В печати.
3. Смирнов С.Э. Реакция электрического состояния приземной атмосферы на геомагнитную бурю 5 апреля 2010 г. // ДАН. - 2013. - В печати.

## Geomagnetic storm effect on quasi-static electric field and meteorological quantities in the near-ground atmosphere

*Smirnov S.E.<sup>1</sup>, Mikhailova G.A.<sup>2</sup>, Kapustina, O.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation FEB RAS, Russia*  
<sup>2</sup> *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Waves Propagation RAS, Russia*

During geomagnetic disturbances the following effects has been determined: decrease of air electroconductivity is associated with the reduction of galactic cosmic ray flow, one of the main air ionizers; sudden storm beginning caused inductive effects in electric fields; on the following stages of a storm, a significant excess of positive particles appeared in the near ground air.

Anomalous temperature and air humidity increase was discovered during solar activity development. Coincidence in time of regular meteorological process disturbances with the sequence of solar flares accompanied by radiation increase in ultraviolet close band, visible and infrared spectrum parts, allow us to consider them as a source of additional energy inflow to the lower atmosphere. Increase of electric field power spectrum intensity before a storm followed by a decrease on the storm day was discovered. Probably, these effects are associated with cosmic ray effects on global electric circuit current. It has been shown, that in electric field power spectrum, Forbush effect also manifests itself in component increase with the period of 48 h.