

ИОНОСФЕРНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ

Активные области на Солнце, такие как вспышки и корональные дыры, являются причиной большинства нестационарных процессов в межпланетной среде и магнитосфере Земли. Энергия солнечных возмущений выделяется в виде электромагнитного и корпускулярного излучений, ударных волн и выбросов вещества. Солнечный ветер обладает магнитным и электрическим полем, а вариации напряженности и направления полей и интенсивности потока плазмы является главной причиной магнитосферных возмущений на Земле. Магнитосферное возмущение образуется в результате взаимодействия магнитосферы с потоком плазмы солнечного ветра, и охватывает все области околоземного пространства. Начало взаимодействия ударной волны с магнитосферой определяет момент зарождения ее возмущения, появляется внезапное начало магнитных бурь в виде скачка H -компоненты геомагнитного поля за счет поля токов, текущих по поверхности магнитосферы. Для магнитных бурь характерна чрезвычайно высокая возмущенность магнитосферы.

В настоящем солнечном цикле, когда активность Солнца уменьшается, недавно возник период экстраординарной активности в октябре-ноябре 2003 года. Эта активность была настолько высока, насколько она может быть во время солнечного максимума и была высочайшей по многим аспектам. Так, активная область 486 на Солнце содержала наибольшую группу пятен из всего цикла №23, наибольшую с ноября 1990 года. В трех различных активных регионах, например, имело место 17 больших вспышек за период конец октября – начало ноября. Было опознано шесть отдельных протонных событий за этот возмущенный период. Имели место две очень интенсивные геомагнитные бури с корональными выбросами вещества, которые являются мощнейшими бурями цикла №23. Безусловно, период октября-ноября 2003 года является крайне интересным для ученых-исследователей в области геофизики, радиофизики, прогнозирования космической погоды и в других смежных областях. С другой стороны важно выявить, какие конкретные последствия указанного возмущенного периода произошли во многих областях деятельности человека. Были предприняты попытки организовать соответствующие научные конференции и мероприятия, например, Space Weather Week 2004, Boulder, April 13 – 16 и Международный симпозиум «Экстремальные события на Солнце в 2003 году: фундаментальная наука и прикладные аспекты (SEE-2003)», Москва, МГУ, 12 – 14 июля 2004 года. Цель подобных мероприятий – проанализировать события солнечной и геомагнитной активности 2003 года, выявить последствия воздействий космической погоды и дать научное обоснование и описание этой активности. Освещались события по нескольким направлениям, касающимся околоземного пространства: геомагнитные бури, ионосферные возмущения, работа GPS, задержка движения спутников, проблемы авиалиний, электроснабжения, навигации, радиосвязи и др.

Настоящая работа посвящена детальному анализу аномального события солнечной вспышки 17 ноября 2003 года и связанных с ней явлений в магнитосфере и ионосфере Земли. Рассмотрен комплекс данных наблюдений по прохождению радиосигналов на линиях связи. В течение суток 20 ноября 2003 года, когда имело место событие мощного геомагнитного возмущения, был выполнен анализ условий прохождения сигналов на двух субполярных КВ радиотрассах. Первая, длиной 1000 км, имеет точку отражения на геомагнитной широте $\Phi_L = 61^\circ$. Вторая трасса характеризуется соответственно длиной 2600 км и $\Phi_L = 61.7^\circ$. Естественно ожидать, что мощная геомагнитная буря 20 ноября 2003 года должна была существенно повлиять на условия прохождения сигналов в радиоканалах, особенно высокоширотных. Исследовалось поведение нескольких параметров распространения на радиотрассах по данным наклонного зондирования ионосферы (НЗИ). НЗИ осуществлялось на скользящей частоте в диапазоне $f = 3.5 - 27.5$ МГц. На первой трассе имелась возможность изучать полный набор характеристик распространения, таких как: $F2MНЧ$, $F2HНЧ$, $E_sMНЧ$, $E_sHНЧ$, степень многолучевости и других непосредственно по ионограммам наклонного зондирования. Здесь $F2MНЧ$ и $F2HНЧ$ – максимально наблюдаемая и наименьшая наблюдаемая

частоты при отражении сигнала от слоя $F2$ ионосферы, а $E_s\text{МНЧ}$ и $E_s\text{ННЧ}$ – то же самое при отражении сигнала от спорадического слоя E_s . На другой трассе фиксировались только два параметра МНЧ и ННЧ без указания конкретного механизма распространения. Имеется в виду либо механизм отражения сигналов от слоя $F2$ ионосферы или от спорадического E_s .

Сначала исследовался суточный ход четырех параметров распространения $F2\text{МНЧ}$, $F2\text{ННЧ}$, $E_s\text{МНЧ}$ и $E_s\text{ННЧ}$ на первой трассе для двух дней ноября 2003 года: спокойного 7 ноября и возмущенного 20 ноября. Анализ показывает существенное различие характера распространения радиоволн для рассматриваемых дней. Прежде всего, для 20 ноября во время максимума возмущения, начиная с 11 UT, прохождение сигналов на трассе полностью прекращается вплоть до 20UT, то есть перерыв(сбой) в радиосвязи составил почти 40% всего времени суток. Тогда как в спокойное время 7 ноября днем преобладают $F2$ -отражения, а ночью E_s -отражения, но общее прохождение сигналов на трассе имеет место в течение всего времени суток.

Для второй радиотрассы характер распространения радиоволн в значительной степени напоминает характер распространения на первой трассе. В спокойный период днем имеют место в основном $F2$ -отражения, ночью преобладают E_s -отражения сигналов. В возмущенный период, как и на первой трассе, имеет место полное пропадание распространения начиная с 11 UT и до 20 UT, то есть отсутствие радиосвязи также составляет около 40% от всего времени суток.