

Реакция полного электронного содержания на работу двигателей космических кораблей «Прогресс» по данным приемников сети GEONET

Ишин Артем Борисович (ishin@iszf.irk.ru)

Иркутский национальный исследовательский технический университет

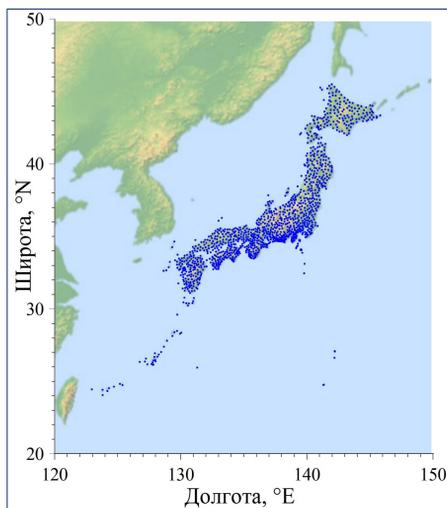


Рисунок 1. Сеть GEONET. Синие точки – станции GPS

Введение

В результате широкого распространения сетей наземных приемников спутниковых сигналов по всему миру, исследования околоземного космического пространства (ОКП) выходят на качественно новый уровень. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) уже много лет используются для исследования процессов в ОКП. При этом сами процессы могут быть вызваны самыми различными причинами: вспышки на Солнце, космическое излучение, землетрясения, затмения, запуски ракет и т.д. Понятно, что и масштабы тех или иных ионосферных явлений могут быть крайне различными. Для исследований глобальных процессов больше подходят всемирные сети приемников, а для локальных – региональные. Кроме того, существуют процессы, которые можно назвать «точечными», т.е. локализованные в крайне ограниченной области пространства. В качестве причин таких процессов можно привести активные эксперименты по воздействию на ионосферную плазму. В частности включение небольших по мощности реактивных двигателей непосредственно на высотах 300-400 км, т.е. в области главного максимума ионосферы. Для исследования таких процессов с помощью ГНСС необходимо, либо использовать приемники заранее развернутые в нужном месте, либо пользоваться данными плотных сетей наземных станций. Данная работа посвящена исследованию вариаций полного электронного содержания (ПЭС) наблюдаемых над Японией во время включения двигателей транспортно-грузового корабля (ТГК) «Прогресс».

Условия эксперимента

В качестве исходных данных в эксперименте использовались данные японской сети GEONET наземных приемников GPS (рис. 1). В 2006 году после отстыковки от МКС корабль «Прогресс» был затоплен в Тихом океане. При этом реактивные двигатели ТГК были включены в районе озера Хубсугул (Монголия) и выключены в районе южной части Татарского пролива (вблизи о. Сахалин). Заключительную часть своего пути с включенными двигателями «Прогресс» находился в области, просвечиваемой лучами «спутник-приемник» для северных станций плотной японской сети GEONET (рис. 2). Вариации ПЭС в указанной области и являются предметом исследования настоящей работы.

Стоит отметить, что в день эксперимента наблюдалась умеренная магнитная буря. Значения индексов Kp, Dst, Ae представлены на рисунке 3.

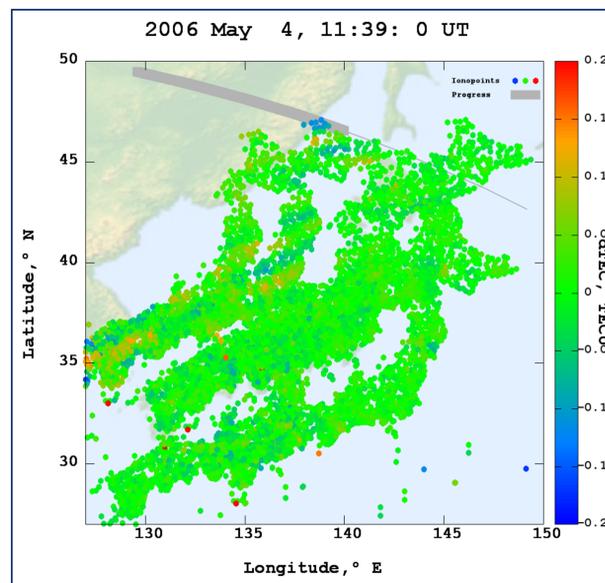


Рисунок 2. Ионосферные точки для станций GPS и траектория пролета ТГК «Прогресс»

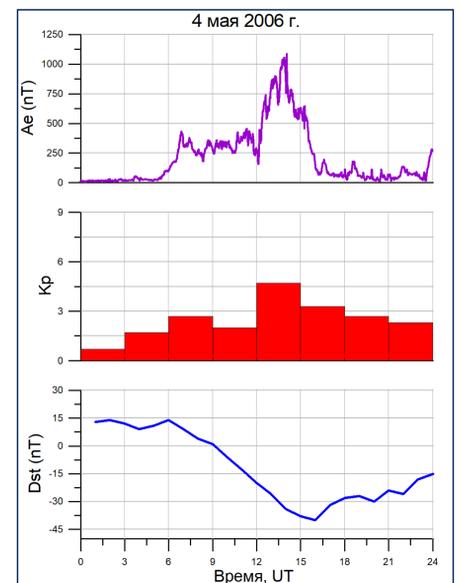


Рисунок 3. Геомагнитная возмущенность

Результаты эксперимента

При анализе проводилась обработка данных по каждой станции для всех спутников. В результате обработки двухчастотных измерений были получены ряды данных ПЭС. Указанные ряды подвергались фильтрации в диапазоне периодов 1-10 минут для удаления долговременных трендов, связанных с изменением угла места спутника со временем. Таким образом для каждого момента и для каждой пары «спутник-приемник» были получены амплитуды вариаций ПЭС, которые в приближении модели тонкой ионосферы характеризуют её состояние в ионосферной точке. В данном случае высота ионосферных соответствовала высоте пролёта ТГК «Прогресс» и составляла 347 км. Далее указанные вариации ПЭС наносились в виде ионосферных точек на карту эксперимента. Можно видеть, что перед воздействием амплитуда вариаций ПЭС относительно мала (рис. 4 а), однако, в течение 1-5 минут наблюдается отрицательное возмущение на точках, расположенных в области воздействия (рис. 4 б-г). При этом спустя несколько минут возмущение становится неразличимым (рис. 4 д).

Анализ самих рядов вариаций ПЭС показывает, что в момент воздействия, либо же сразу после него наблюдается отрицательное возмущение в полном электронном содержании (рис. 5). Указанное возмущение наблюдается одновременно с фоновыми вариациями на лучах, ионосферные точки которых располагались вблизи области воздействия (рис. 4в, область отмеченная овалом).

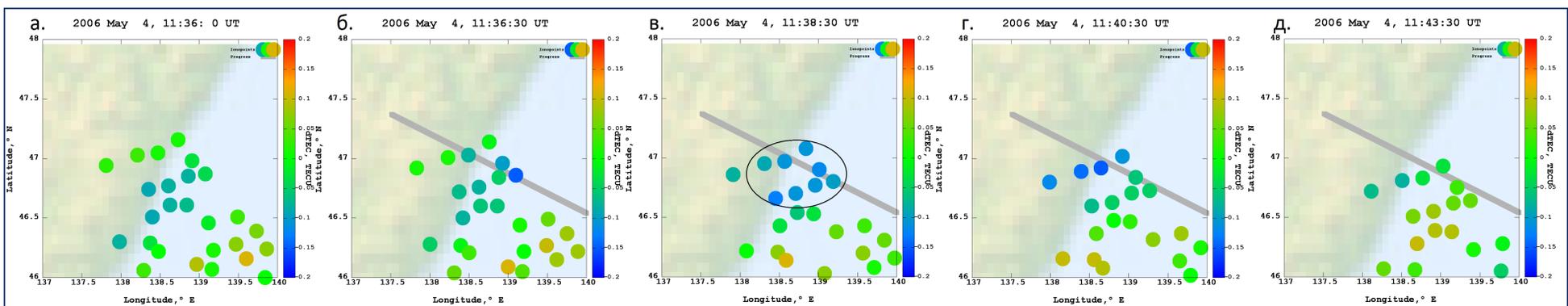


Рисунок 4. Цвет точек обозначает амплитуду вариаций ПЭС на соответствующем этой ионосферной точке луче «спутник-приемник». Линия – траектория ТГК «Прогресс».

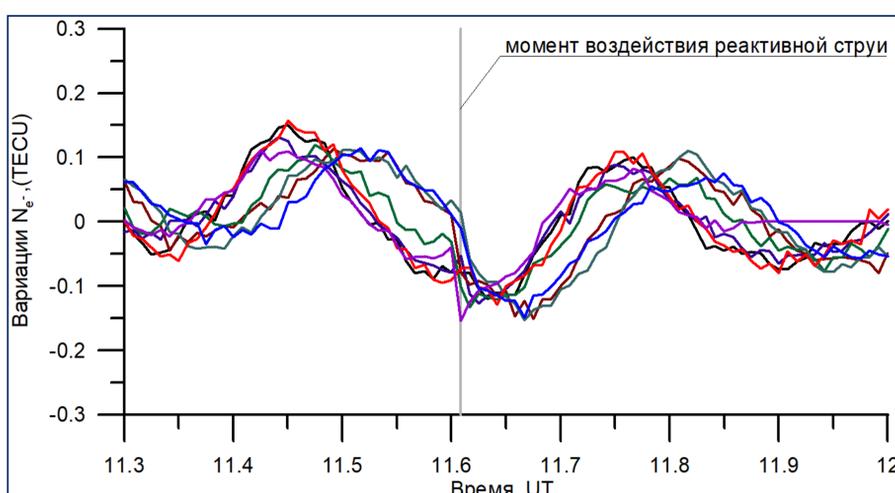


Рисунок 5. Вариации ПЭС зарегистрированные на сигналах спутника PRN01 GPS для станций, ионосферные точки которых были ближе всего к области воздействия (см. рис. 4в).

Выводы

В результате проведенных исследований были обнаружены отрицательные возмущения ПЭС для лучей, проходящих через область воздействия реактивной струи ТГК «Прогресс». К сожалению данные были доступны со периодом 30 с, поэтому подробную картину развития процессов привести нельзя. Кроме того, фоновые возмущения в значительной степени маскируют регистрируемые эффекты. Амплитуда зарегистрированных эффектов составляет порядка 0.05 TECU, длительность 1-3 минуты. С одной стороны, по сравнению с фоновыми вариациями это не так и много, с другой – такие возмущения должны вытягиваться вдоль магнитно-силовых линий. В данном же случае луч «спутник-приемник» был далек от коллинеарности с направлением магнитного поля на высоте возмущения. Поэтому при текущей геометрии наблюдаемая амплитуда небольшая. Уверены, что продолжение исследований принесёт ещё более интересные результаты.

Благодарности

Автор выражает благодарность Восейкову С.В. и Едемскому И.К. за помощь в подготовке и представлении доклада.