

Солнечная активность, ионосферные возмущения и сбои спутниковых радиосигналов ГНСС в высоких широтах

М. А. Титова

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), г. Москва, г. Троицк, Россия

e-mail: mtitova@izmiran.ru

В настоящее время, спутниковые навигационные системы активно развиваются и совершенствуются во всем мире, в связи с удобством их использования для решения различных задач, таких как, научные вопросы, прикладные аспекты, а также в обычной повседневной жизни. Поэтому точность и высокая надежность являются основными требованиями, предъявляемыми к работе глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Стабильность работы и точность позиционирования ГНСС в значительной степени зависят от состояния среды распространения, то есть ионосферы. Поскольку электромагнитные волны, передаваемые навигационными спутниками, должны проходить через ионосферу, ионизированную часть атмосферы, прежде чем достигнут наземных приемников, свободные электроны, присутствующие в этой области, в значительной степени влияют на групповые, фазовые и амплитудные характеристики дециметровых радиоволн, используемых ГНСС. Различные неоднородности ионосферы, как среды распространения, вызывают групповую задержку и фазовый сдвиг радионавигационных сигналов. Данные измерения используются для получения значений полного электронного содержания (ПЭС), которое представляет собой количество свободных электронов в столбце единичного сечения, вдоль пути распространения от спутника до приемника.

Солнечная активность играет важнейшую роль во всех фундаментальных процессах, как на Солнце и в гелиосфере, так и тесно взаимодействуя с геосферами.

Основными источниками ионосферных неоднородностей являются гелио- и геофизические возмущения околоземного космического пространства. Совокупность всех условий в околоземном космическом пространстве, связанных в основном с солнечной активностью, обозначается понятием «космическая погода». В пределах нашей солнечной системы, космическая погода зависит от солнечного ветра и межпланетного магнитного поля, переносимого плазмой солнечного ветра. Различные физические явления, такие как корональные выбросы массы, и связанные с ними ударные волны, геомагнитные бури и суббури, ионосферные возмущения, авроральные свечения являются важными факторами космической погоды, поскольку могут повреждать электронику на борту космических аппаратов, провоцировать сцинтилляции спутниковых радиосигналов при регистрации приемником, нарушается радиосвязь итд. В свою очередь, искажение сигналов при трансionoсферном распространении может привести к ухудшению определения параметров или даже к временному прекращению сопровождения (сбою) сигналов навигационных спутниковых систем.

Некоторые отказы космических аппаратов могут быть непосредственно отнесены к космической погоде, эти факторы могут исказить сигналы ГНСС. Таким образом, исследование сбоев спутниковых радиосигналов является очень важной прикладной задачей в изучении солнечной активности.

Исследование было сосредоточено на отклике навигационной системы GPS на возмущенное состояние ионосферы. О взаимосвязи между сбоями основных параметров навигационного сигнала и компонентов авроральных вторжений высокоэнергичных частиц. В анализе были использованы данные станций приема спутниковых навигационных сигналов сети IGS в высоких широтах. Полученные в результате фазовых измерений численные значения производной $dTEC/dT$ равны (2–3.8) TECU/мин. Эти скачки значений превосходят регулярную изменчивость ионосферы, которая обычно составляет менее (0.1–1) TECU/мин. Статистический анализ данных выбранных станций

сети дает среднюю величину вероятности сбоя в пересчете на один навигационный спутник. В пересчете на число локальных измерений, вероятности дают для ПЭС сбои в 25–50% случаев всех наблюдений. Основной причиной сбоев является поглощение сигнала GPS в ионосфере, что само по себе является показателем вторжений высоко – энергетических частиц.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность кафедре Физики атмосферы физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова за предоставленную возможность использования пакета прикладных программ CRASS GPS, доценту к. ф.-м. н. Захарову В. И.