

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ АССИМИЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИОНОСФЕРЫ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ЗАДЕРЖЕК СИГНАЛА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НАВИГАЦИИ РСН, РКН И КА

Титов А. А., Соломенцев Д. В., Хаттатов В. У., Банкова Т.В.

С целью мониторинга состояния ионосферы, как глобального, так и регионального в Центральной Аэрологической Обсерватории Росгидромета разработана трехмерная ассимиляционная модель ионосферы. Одним из ключевых параметров, рассчитываемых моделью, является глобальное трехмерное распределение электронной концентрации. От этой характеристики ионосферы напрямую зависит величина задержки навигационного сигнала и условия распространения радиоволн. По результатам валидации модельных расчетов была получена оценка точности, составляющая $3-4 \cdot 10^{16}$ электронов на m^2 , что соответствует погрешности определения псевдодальности в 60 см.

Представлены результаты моделирования ионосферных процессов при ассимиляции данных реального и квази-реального времени, которые показали надежность и эффективность данной модели при решении задач мониторинга текущего состояния ионосферы. Оперативная информация такого рода может быть использована в целях компенсации задержек сигнала при решении задач навигации РСН, РКН и КА.

Ключевые слова: ионосфера, ассимиляция, модель, (квази-) реальное время, мониторинг, компенсации задержек сигнала, GPS, ГЛОНАСС, ГНСС, РСН, РКН и КА.

В течение нескольких лет в Центральной Аэрологической Обсерватории Росгидромета ведется мониторинг состояния ионосферы с помощью физического моделирования процессов в данном слое, с использованием ассимиляции данных о полном электронном содержании (ПЭС) [1-3]. Суть метода ассимиляции состоит в корректировке расчетов физической модели ионосферы по оперативно получаемым экспериментальным данным о ПЭС в ионосфере на трассах радиовизирования сигналов космических навигационных систем GPS и ГЛОНАСС с сети станций IGS (International GNSS Service).

В данной работе представлены результаты сравнения модельных расчетов с независимыми измерениями, а также последние существенные дополнения модели ионосферы ЦАО.

NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)

С появлением протокола NTRIP, разработанным совместно Федеральным агентством картографии и геодезии Германии и факультетом компьютерных исследований Дортмундского технического университета, стала возможна передача RINEX файлов наблюдений систем ГНСС в реальном времени. Проведенная в авторами оценка количества станций, поддерживающих данный протокол, а так же анализ их расположения и доступности, показали возможность использования данных наземных двухчастотных ГЛОНАСС/GPS приемников с протоколом NTRIP в схеме ассимиляции.

По итогам тестирования модели мониторинга ионосферы на 10 приемниках европейской сети EPN (EUREF Permanent Network), использующих NTRIP, результаты сравнения истинного значения наклонного ПЭС с расчетами ассимиляционной модели показали расхождение со среднеквадратичным отклонением (СКО) в 4.79 TECU (1 Total Electron Content Unit = 10^{16} электронов/ m^3). Согласно [4], ошибка в 1 TECU соответствует ошибке позиционирования в 0.162 метра, таким образом, при определении полного