УДК 523.985

А. Ф. ЯКОВЕЦ[1], *В. В. ВОДЯННИКОВ*[1],
Г. И. ГОРДИЕНКО[1], *Н. АБДРАХМАНОВ*[2]

([1]ДТОО «Институт ионосферы» АО «Национальный центр космических исследований и технологий», г. Алматы, [2]Кызылординский государственный университет им. Коркыт ата)

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОШИБОК МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЕМНИКА СИГНАЛОВ GPS

Аннотация. Изучены сезонные зависимости ошибок местоопределения стационарных пунктов глобальной сети GPS приемников на высоких, средних и низких широтах для максимумов солнечной активности 23-го цикла (2002 г.) и текущего 24-го цикла (2012 г.), характеризующихся высокой и умеренной солнечной активностью. Сравнение поведения ошибок на различных широтах показало, что на всех широтах совершенно отчетливо отмечается зависимость величины ошибок от уровня солнечной активности – при увеличении активности вдвое примерно вдвое возрастает величина ошибок. На приэкваториальных широтах максимумы ошибок наблюдаются в равноденственные сезоны и минимум в летний сезон. На средних и полярных широтах при умеренной активности величина ошибок не зависит от сезона, а при высокой активности максимум наблюдается в весеннее равноденствие.

Ключевые слова: сети GPS приемников, ошибки местоопределения.
Тірек сөздер: GPS қабылдағыштар желісі, орнын анықтау қателері.
Keywords: network of GPS receivers, positioning errors.

Введение. Функционирование современных спутниковых систем навигации (GPS/GLONASS) в значительной мере зависит от состояния ионосферы, определяемой сезоном и уровнем солнечной активности. Ухудшение качества функционирования навигационных систем происходит из-за возникновения ионосферных сцинтилляций (мерцаний) спутниковых сигналов, обусловленных мелкомасштабными ионосферными неоднородностями. Если бы ионосфера была изотропна, радиосигнал, излучаемый GPS спутниками не испытывал бы замирания и не возникали бы ошибки местоопределения, связанные с ионосферными неоднородностями различных масштабов, природа которых различна на разных широтах. В зависимости от размеров неоднородностей спутниковый сигнал испытывает дифракцию или рефракцию. Дифракция происходит на неоднородностях, сравнимых с размерами первой зоны Френеля (≈ 1 км), тогда как неоднородности больших размеров вызывают рефракцию спутникового сигнала. Текущие определения местоположения приемников, представленных в глобальной сети станций GPS, рассчитывались нами с использо-ванием пакета программ, разработанных в Лаборатории Космоса и Геофизики Техасского Универ-ситета, США, представленного для свободного пользования в Интернете [1, 2].

В работах, посвященных оценкам точности одночастотного и двухчастотного GPS позиционирования, используются различные статистические параметры, поскольку последовательные измерения координат имеют большой разброс своих численных значений. Погрешности определения координат GPS приемника являются случайными величинами, поэтому невозможно привести определенное значение погрешности, которое никогда не будет превышено. Всякое численное значение погрешности позиционирования должно сопровождаться указанием вероятности, с которой оно не будет превышено. Чтобы исключить необходимость расчета формы вероятностного закона распределения погрешностей, для каждого сеанса измерений, мы использовали оценки, называемые процентилем, который представляет значения, выделяющие 100-е части распределения, выстроенные в ряд по их величине. Например, 95-й процентиль горизонтальной ошибки GPS позиционирования, равный 5.0 м, представляет собой такую точность

измерения, при которой только в пяти процентах измерений радиальная погрешность в горизонтальной плоскости превышает 5.0 м. В дальнейшем, приводя величины ошибок, рассчитанные по данным суточных наблюдений для оценки их сезонного хода, мы будем иметь ввиду 95 - процентную статистику (95-й процентиль), рассчитанную для 24 часов наблюдений, выполняемых каждые 30 сек. Итого, за сутки проводится 2880 наблюдений, от которых 5% наблюдений, погрешность которых превышает 95-й процентиль, составляют 144 наблюдения. Для оценки радиальной погрешности (ΔR) используем эту величину, для оценки же вертикальной погрешности (ΔH) используем 72 наблюдения, так как его распределение симметрично относительно нуля.

Рассмотрим порядок получения оценок погрешности местоопределения в различные сезоны для различных широт. Различные сезоны будут представлены следующими месяцами: март – весеннее равноденствие, июнь – летнее солнцестояние, сентябрь – осеннее равноденствие и декабрь – зимнее солнцестояние. Для анализа были выбраны два уровня солнечной активности: высокая (2002 г.) и умеренная (2012 г.). 2002 г. относится к максимуму предыдущего 23 цикла солнечной активности, а 2012 – к текущему 24 циклу, активность которого, характеризуемая числом солнечных пятен, оказалась примерно в два раза ниже предыдущего цикла. Для того, чтобы устранить влияние магнитной активности на получаемые результаты, для анализа выбирались дни с очень низким D_{st} индексом.

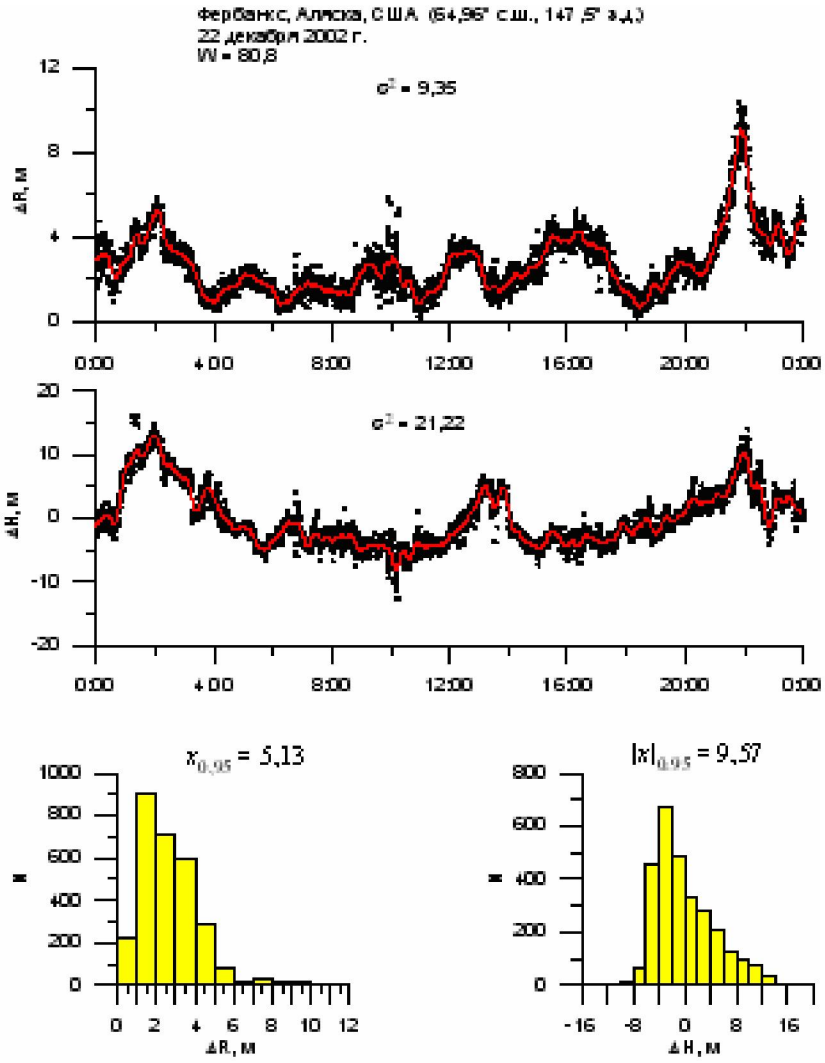

Рисунок 1 – временные зависимости оценок горизонтальных (ΔR) (верхняя панель) и вертикальных (ΔH) (вторая сверху панель) координат для высокоширотной станции Фейрбанкс, и гистограммы распределений горизонтальной (левая нижняя панель) и вертикальной (правая нижняя панель) ошибок местоопределения