

Андреев А.Б.

ДТОО «Институт ионосферы», Алматы, Казахстан

Alexey.andreyev@rambler.ru

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛА ПЭС ОТ УГЛА НАКЛОНА ТРАЕКТОРИИ ЗОНДИРОВАНИЯ

Аннотация: В представленной работе проводится исследование спектральной компоненты колебаний величины полного электронного содержания ионосферы, соответствующей периодам от 10 до 30 минут, в зависимости от направления радиозондирования. В работе проанализированы данные полного электронного содержания ионосферы, полученные путем измерения смещения фаз и псевдодальностей GPS сигналов. Измерения проводились на двухчастотном GPS приемнике, установленном в Институте ионосферы, г. Алматы. Использованы данные за период с апреля 2015 по апрель 2016 года. Проведены исследования зависимости спектров вариаций полного электронного содержания в зависимости от положения траектории радиосигнала — зенитного угла и азимута от стационарного наземного приёмника до спутника. Показано, что спектральная мощность колебаний величины полного электронного содержания зависит от зенитного угла направления от приемника на спутник и от азимутального направления. Предложен возможный вариант объяснения полученной зависимости: перемещающиеся ионосферные возмущения имеющие вид вытянутых и наклонных в вертикальной плоскости областей повышенной ионизации под разными углами радиозондирования дают разный вклад в спектр полной электронной концентрации.

Ключевые слова: полное электронное содержание ионосферы, радиозондирование ионосферы, GPS TEC, спектральный анализ, перемещающиеся ионосферные возмущения

Введение

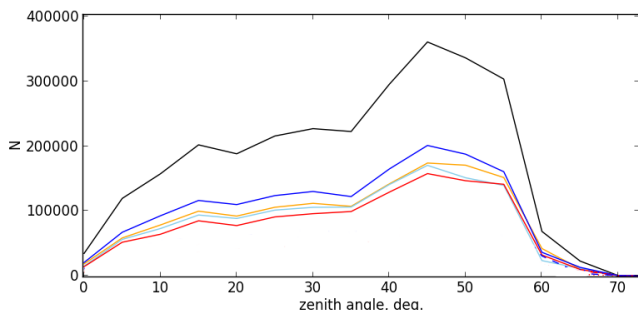
При классическом расчете [1] полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы на основе наклонного спутникового зондирования необходимо задать высоту ионосферной точки, для которой рассчитывается вертикальное ПЭС. Обычно в качестве этой величины выбирается примерная высота максимума электронной концентрации ионосферы — 300 км., максимум F2 слоя. Однако, в случае просвечивающего радиозондирования сигнал проходит через неоднородности ионосферы, расположенные в пространстве различным образом. В частности, перемещающиеся ионосферные возмущения вызванные прохождением солнечного терминатора в вертикальной плоскости имеют вид вытянутых и наклонных областей повышенной ионизации [2]. Исследование данных типов возмущений представляется перспективным, поскольку они являются регулярными, и обладают сезонной зависимостью. Такие перемещающиеся ионосферные возмущения должны обладать также анизотропией относительно сторон света и зенитного угла в различных направлениях радиозондирования [3]. Для выявления та-

кой анизотропии было проведено исследование сигнала полной электронной концентрации полученной для GPS приёмника установленного в Институте ионосферы.

Методология.

По данным двухчастотного GPS приёмника расположенного в Алматы (43.176N, 76.953E) было рассчитано приведенное к вертикали ПЭС для периода с 01.04.2015 по 01.04.2016. Временное разрешение использованных данных — 5 секунд. На рисунке 1 приведено количество использованных данных в минутах, в зависимости от зенитного угла, сезона и времени суток. Далее данные ПЭС обработаны по методу оконного спектрального анализа, диапазон исследуемых периодов выбран как 10 — 30 минут, а ширина окна — 50 минут. Для точки середины каждого окна рассчитывались зенитный угол и азимут трассы от приёмника до спутника. В результате такой обработки, были получены спектры колебаний величины ПЭС в зависимости от номера спутника, дня года, времени суток, азимута направления на спутник и зенитного угла. Анализ полученных результатов показал, что для диапа-

зона периодов колебаний ПЭС 10-30 минут, существует значительная неоднородность распределения спектральной мощности колебаний величины ПЭС по зенитному углу и по азимуту ионосферной точки, для которой производится расчет.



Чёрный – все данные. Синий – зимние месяцы. Красный – летние месяцы. Желтый – день. Голубой – ночь.

Рисунок 1 – Количество данных GPS измерений (в минутах) в зависимости от зенитного угла.

На рисунке 2 приведены полярные диаграммы в координатах азимут - зенитный угол, цветом указана средняя спектральная мощность для диапазона 10-30 минут. Как видно из рисунка, распределение имеет также ярко выраженную сезонную и суточную зависимость. Так, в летние месяцы максимум интенсивности расположен на углах ниже 40° на западном – юго-западном направлении днём, и в районе зенита ночью. В зимние месяцы днём наибольшая интенсивность зарегистрирована на низких углах, ниже 30° в западном и южном направлении, и в восточном направлении ночью. При этом северные четверти диаграмм рисунка 2 являются не заполненными, поскольку наклонение орбит всех спутников GPS составляет 55° , а значит в северном направлении для широты Алматы зенитный угол не опускается ниже 12° , и радиозондирование по спутникам GPS на этих углах не возможно.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при расчете вертикального ПЭС из данных наклонного радиозонди-

рования важным параметром, несущим информацию о периодических структурах в ионосфере является зенитный угол радиосигнала и направление зондирования.

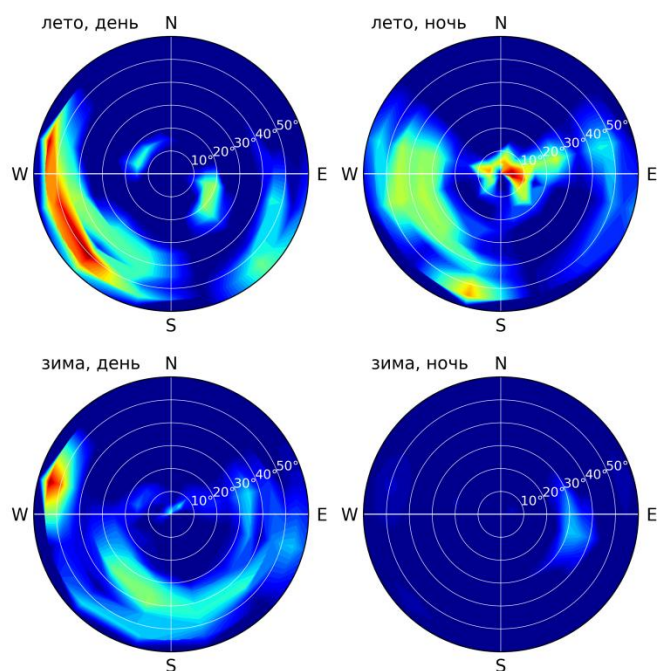


Рисунок 2 – Среднее значение спектральной мощности в диапазоне периодов 10-30 минут, в зависимости от зенитного угла и направления, для различных сезонов и периода суток.

Литература:

- 1 Афраймович Э. Л. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. Монография. Иркутск : ГУ ИЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006 . – 480 с.
- 2 Сомсиков В.М. Переходные процессы в атмосфере Земли, обусловленные солнечным терминатором. Докторская диссертация. Алма-Ата. 251 с. 1988.
- 3 Сомсиков В. М. Солнечный терминатор и динамические явления в атмосфере // Обзор. Геомагнетизм и аэрономия. Т. 51. №. 6. с. 723–735. 2011.

Принято к печати 30.01.2017

Андреев А.Б.

ДТОО «Институт ионосферы», Алматы, Казахстан
Alexey.andreyev@rambler.ru

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛА ПЭС ОТ УГЛА НАКЛОНА ТРАЕКТОРИИ ЗОНДИРОВАНИЯ

Аннотация: В представленной работе проводится исследование спектральной компоненты колебаний величины полного электронного содержания ионосферы, соответствующей периодам от 10 до 30 минут, в зависимости от направления радиозондирования. В работе проанализированы данные полного электронного содержания ионосферы, полученные путем измерения смещения фаз и псевдодальностей GPS сигналов. Измерения проводились на двухчастотном GPS приемнике, установленном в Институте ионосферы, г. Алматы. Используются данные за период с апреля 2015 по апрель 2016 года. Проведены исследования зависимости спектров вариаций полного электронного содержания в зависимости от положения траектории радиосигнала — зенитного угла и азимута от стационарного наземного приёмника до спутника. Показано, что спектральная мощность колебаний величины полного электронного содержания зависит от зенитного угла направления от приемника на спутник и от азимутального направления. Предложен возможный вариант объяснения полученной зависимости: перемещающиеся ионосферные возмущения имеющие вид вытянутых и наклонных в вертикальной плоскости областей повышенной ионизации под разными углами радиозондирования дают разный вклад в спектр полной электронной концентрации.

Ключевые слова: полное электронное содержание ионосферы, радиозондирование ионосферы, GPS TEC, спектральный анализ, перемещающиеся ионосферные возмущения

Andreyev A.B.

Institute of Ionosphere, 050020, Kamenskoe Plateau, Almaty, Kazakhstan
alexey.andreyev@rambler.ru

DEPENDENCE OF CHARACTERISTICS OF SIGNAL OF FULL ELECTRONIC CONTENT FROM THE ANGLE OF TILTING OF THE SENSING TRAJECTORY

Abstract: In the presented paper, the spectral component of the oscillations of the total electron content of the ionosphere, that corresponding to the period of 10 to 30 minutes and its dependence on the direction of the radiosounding is investigated. In the paper the data of total electron content of the ionosphere obtained by measuring the phase shift and pseudoranges of GPS signals are analyzed. The measurements were carried out on a two-frequency GPS receiver installed at the Institute of the ionosphere, Almaty. The data were used for the period from April 2015 to April 2016. The dependence of the spectra of the variations of the total electron content as a function of the position of the trajectory of the radio signal - the zenith angle and the azimuth from the stationary ground receiver to the satellite - was studied. It is shown that the spectral power of the oscillations of the total electron content depends on the zenith angle of direction from the receiver to the satellite and from the azimuthal direction. A possible variant for explaining the obtained dependence is proposed: propagating ionospheric disturbances having the form of regions of increased ionization that are elongated and inclined in the vertical plane at different angles and give a different contribution to the spectrum of total electron concentration.

Keywords: total electronic content, radio sounding of the ionosphere, GPS TEC, spectral analysis, ionospheric disturbances

А.Б.Андреев

«Ионосфера институты», 050020, Алматы, Казахстан
alexey.andreyev@rambler.ru

ТЕҚ СИГНАЛЫНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ ЗОНДТАУ ТРАЕКТОРИЯСЫНЫҢ КӨЛБЕУ БҰРЫШЫНАТӘУЕЛДІЛІГІ

Аннотация: Берілген жұмыста радиозондирования бағытына байланысты, 10-нан 30 минут аралығындағы тиісті кезеңдердегі, ионосферадағы толық электрондық ұстау шамасын спектрлі компоненттер тербелісін зерттелуі жүргізіледі. Жұмыста, ионосферада толық электрондық ұстау деректері талданып, GPS сигналдарының жалған қашықтығы мен фазалардың ығысу арқылы өлшеу алынған. Алматы қ. Ионосфера институтында орналасқан екі жиілікті GPS қабылдағышта өлшеу жүргізілді. 2015жылғы сәуірден 2016 жылғы сәуірге дейін пайдаланылған деректер алынған. Жерсеріктен азимута стационарлық жерүсті қабылдағыштың дейін және радиосигналды — зенитті бұрыштың байланысты ережелер траекториясынан толық электрондық ұстауына қарай спектрлер түрлеріне зерттеулер жүргізілді. Көрсетілгендей, азимуттік бағыттары мен жерсеніктік қабылдағыштан зенитті бұрышының бағытына, бұл спектрлік қуаты ауытқулар шамасын толық электрондық мазмұнына байланысты. Алынған түсініктемеге қарай ықтималды нұсқасы ұсынылды: спектрі толық электрондық концентрациясы әртүрлі үлес беріп, радиозондтау бұрыштарының әр түрлері үшін жоғары иондау аумақтары көлбеу жазықтықтары және созылықты түрі бар ионосфералық тиекті ауытқулар.

Түйін сөздер: ионосферадағы толық электрондық мазмұны, ионосфераның радиозондталуы, GPS TEC, спектрлік талдау, ионосфералық тиекті ауытқулар.