

ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СЛОЯ F2 ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ ТОМСКОЙ ИОНОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ ЗА ПЕРИОД 1936–2003 гг.

С.М. Костюкевич, Б.Б. Цыбиков

LONG-TERM VARIATIONS OF PARAMETERS OF IONOSPHERE ACCORDING TO TOMSK IONO- SPHERIC STATIONS FOR THE PERIOD WITH 1936 FOR 2003

S.M. Kostyukevich, B.B. Chibikov

В данной работе проведен спектрально-временной анализ рядов данных Томской ионосферной станции за период 1937–2003 гг. с целью выявления устойчивых тенденций изменения (уменьшения или роста) в поведении параметров слоя F2 ионосферы. В результате оценки угла наклона линейного тренда для различных сезонов года и времени суток получена зависимость величины скорости изменения критической частоты слоя F2 от сезона года и времени суток. В дневное и вечернее время суток критические частоты слоя F2 имеют тенденцию к уменьшению (скорость изменения $f_0F2 > 0$), а в переходное время суток к росту (скорость изменения $f_0F2 < 0$). Средние скорости изменения критических частот составляют ~ 15–20 кГц в год.

In the given work the spectral-time analysis of numbers of data Tomsk ionospheric stations for the period 1937–2003 with the purpose of revealing of steady tendencies of change (reduction or growth) in behaviour of parameters of layer F2 of an ionosphere is lead. As a result of an estimation of a corner of an inclination of a linear trend for various seasons of year and time of day dependence of size of speed of change of critical frequency of layer F2, on a season of year and time of day is received. During day time and evening time of day critical frequencies of layer F2 tend to reduction (speed of change $f_0F2 > 0$), and during transitive time of day to growth (speed of change $f_0F2 < 0$). Average speeds of change of critical frequencies make 15–20 kHz in a year.

Введение

В последнее время проявляется большой интерес к исследованиям долгопериодных вариаций (трендов) параметров верхней атмосферы Земли, связанных с широко обсуждаемой проблемой глобального изменения климата Земли. В связи с этим в ионосферных исследованиях возникло новое направление, целью которого является анализ рядов данных вертикального зондирования ионосферы на предмет выявления устойчивых тенденций роста или, наоборот, уменьшения анализируемых характеристик ионосферной плазмы. Данное поведение характеристик ионосферной плазмы связывают с общим ростом температуры на высотах термосферы и в приземных слоях атмосферы, приводящим к изменению химического состава верхней атмосферы. Тем не менее вопрос о возможности использования параметров верхней атмосферы, в частности критических частот различных слоев ионосферы Земли, как одного из возможных индикаторов последствий глобального повышения температуры приземной атмосферы все еще остается открытым.

Высокая корреляция среднегодовых медианных значений критической частоты слоя F2 с уровнем солнечной активности (СА) указывает на необходимость учета солнечно-обусловленных вариаций критической частоты слоя F2 (f_0F2) при анализе трендов ионосферных параметров. Из литературы известны различные способы анализа трендов f_0F2 [1–6], однако основные выводы получены из рассмотрения медианных значений критической частоты слоя F2, полученных в полдень или усредненных за дневное время суток, что не позволяет отследить динамику изменения ионосферных параметров в целом. Поэтому представляет большой интерес анализ долгопериодных вариаций f_0F2 от сезона года и времени суток.

Методика анализа

Для анализа долгопериодных вариаций f_0F2 использовались данные вертикального зондирования Томской ионосферной станции (ТИС) за 1936–2003 гг. Для исключения влияния геомагнитной активности в вариациях критических частот слоя F2 рассчитывались месячные медианы для всех 15-минутных тактов зондирования (штатный режим работы ТИС – 15-минутный такт зондирования, число циклов зондирования в течение одних суток составляет 96). Использование значений критической частоты для каждого временного отчета позволило не только сгладить вариации, связанные с геомагнитной активностью, но и во многом решить проблему, обусловленную пропусками в ионосферных измерениях, и сформировать непрерывные ряды анализируемых данных, сгруппированные по месяцам года и времени суток, что в значительной степени облегчает дальнейший анализ.

Для каждого временного отчета, для каждого месяца соответственно находилась зависимость f_0F2 от уровня солнечной активности (W). На рис. 1, а представлена зависимость f_0F2 от уровня СА и приведено уравнение полинома 2-й степени, аппроксимирующего эту зависимость (август, 15:00 LT).

Таким образом, для исключения зависимости f_0F2 от уровня СА из рядов данных ионосферных параметров (в данном случае рядов данных f_0F2) достаточно вычесть полином, аппроксимирующий зависимость f_0F2 от W: $f_0F2_{\phi}(i) = f_0F2(i) - (a + bW)$. На рис. 1, б в качестве примера представлен ряд f_0F2_{ϕ} , подвергнутый описанной процедуре, (августовские 15-часовые медианы за период 1937–2003 гг., LT). Для чтобы оценить тенденцию роста или, наоборот, уменьшения f_0F2 , фильтрованный ряд подвергался линейному регрессионному анализу (линейный тренд), по углу наклона которого производилась оценка скорости изменения f_0F2_{ϕ} .

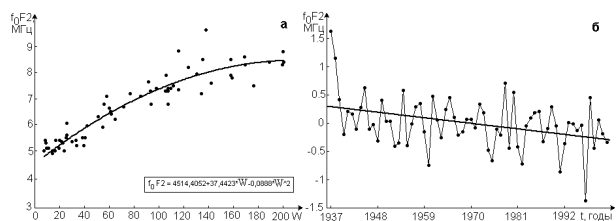


Рис. 1. Зависимость критической частоты от W (а), фильтрованный ряд данных f_0F2_ϕ (б).

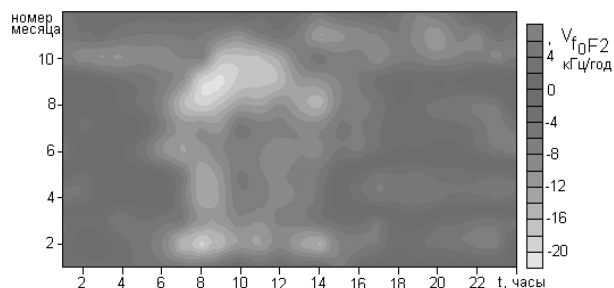


Рис. 2. Зависимость скорости изменения f_0F2 от сезона года (номера месяца) и времени суток.

Поведение скорости изменения f_0F2_ϕ в зависимости от сезона года и времени суток показано на рис. 2. Здесь по оси абсцисс отложено местное время в часах, по оси ординат – номер месяца в году, градации серого обозначают скорости изменения f_0F2 (отрицательные скорости соответствуют отрицательному тренду).

Заключение и выводы

Для различных сезонов года и времени суток по углу наклона линейного тренда получена зависимость величины скорости изменения критической частоты слоя F2 от сезона года и времени суток.

В зимние месяцы в утренние и дневные часы скорость изменения f_0F2 для ночных часов имеет отрицательные значения (отрицательный тренд), а в ночные часы – положительные (положительный тренд).

В период весеннего равноденствия в переходное время суток более ярко (по сравнению с осенью) выражены положительные тренды, а скорости изменения f_0F2 по своему абсолютному значению превышают осенние в $\sim 2\text{--}3$ раза.

В целом для всех сезонов года в полуденные часы наблюдаются различные по абсолютной величине отрицательные скорости изменения f_0F2 , причем величины отрицательных скоростей изменения f_0F2 по абсолютному значению в ~ 6 раз превышают положительные и составляют $\sim 20\text{--}25$ кГц в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bremer J. Ionospheric trends in mid-latitudes as a possible indicator of the atmospheric greenhouse effects // J. Atmos. Terr. Phys. 1987. V. 49, N 7. P. 901.
2. Гивишвили Г.В., Лещенко Л.Н. Долговременные тренды свойств ионосферы и термосферы средних широт // Докл. РАН. 1993. Т. 333, № 1. С. 86–89.
3. Шубин В.Н., Фельдштейн А.Я. Тренды критических частот слоя F2 ионосферы по данным станции Слоу // Геомагнетизм и аэронавигация. 1995. Т.35, № 2. С. 171–175.
4. Данилов А.Д., Михайлов А.В. Долговременные тренды параметров области F2: новый подход // Геомагнетизм и аэронавигация. 1999. Т. 39, № 4. С. 75–81.
5. Деминов М. Г., Гарбацевич А. В., Деминов Р. Г. Долговременные изменения критической частоты F2-слоя на средних широтах в полдень // Геомагнетизм и аэронавигация. 2001. Т. 41, № 1. С. 103–111.
6. Таращук Ю.Е., Цыбиков Б.Б. Долгопериодные тренды критических частот по данным станций Томска и Слоу // Вестник ТГУ. (Серия «Физика»). Томск, 2003. № 278. С. 150–153.