

УДК 550.388.2

Я.Ф. АШКАЛИЕВ, С.Н. МУКАШЕВА

СВЯЗЬ ДНЕВНЫХ И НОЧНЫХ ВЕЛИЧИН КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ ОБЛАСТИ F2

Рассмотрена связь между величинами критических частот ионосферного слоя F2, f_0F2 , в ночных и дневных условиях в разные сезоны на фазе спада солнечной активности (период 2000-2007 гг). Показано, что существует статистически значимая отрицательная корреляция между величинами $f_0F2(12)$ и $f_0F2(00)$, причем она лучше выражена в периоды высокой солнечной активности.

В данной работе представлены результаты исследования вариаций полуденных и полуночных значений критических частот ионосферного слоя F2 в разные сезоны на фазе спада солнечной активности, когда поток радиоизлучения Солнца на длине волны $\lambda=10,7$ (F10.7) изменяется от 150 до 70 (период 2000-2007 г.г.), по данным станции вертикального зондирования г. Алматы ($76^{\circ}55'E; 43^{\circ}15'N$), которая является звеном Международной Сети геофизических станций. В качестве ночных и дневных значений, f_0F2 взяты значения этого параметра в 12.00 LT и 00.00 LT одних и тех же суток с соответствующими обозначениями: $f_0F2(00)$ и $f_0F2(12)$. На рисунке 1 показаны вариации среднемесячного индекса солнечной активности F10.7 и среднемесячные полуденные и полуночные значения критических частот F2-слоя за исследуемый период.

Анализ временных вариаций среднемесячных флуктуаций величин f_0F2 при переходе от максимума к минимуму солнечной активности, пока-

зал, что наблюдаются устойчивые закономерности в изменении величины f_0F2 в зависимости от сезона, связанные с изменением в цикле солнечной активности физических условий, определяющих интенсивность ионобразования, скорости потерь и эффектов переноса плазмы.

Далее рассмотрим изменение во времени коэффициента корреляции $R(f_0F2)$ между полуденными и полуночными значениями. На рисунке 2 приведен сезонный ход величины $R(f_0F2)$ для 2001 г., 2006 г. и 2007 г. Как и в работе *Ваниной Л.Б. и Данилова А.Д.* [1], каждая точка на рисунке представляет собой скользящее среднее за три месяца. Чтобы рассмотреть изменение $R(f_0F2)$ в течение года проделана следующая процедура: рассматривалось скользящее трехмесячное окно (январь-март, февраль-апрель и т.д.) и величина $R(f_0F2)$ считалась внутри каждого окна и наносилась на график для среднего месяца (например, величина, показанная для апреля, соответствует величине $R(f_0F2)$, рассчитанной для периода март-май).

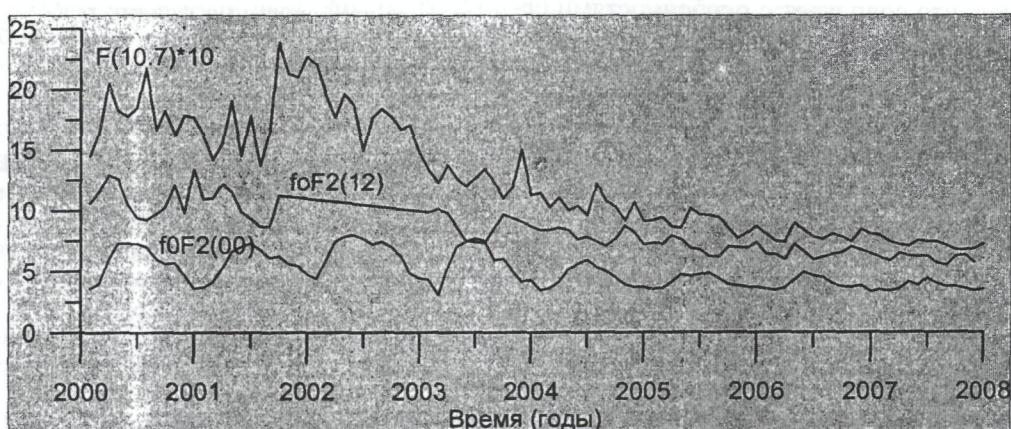
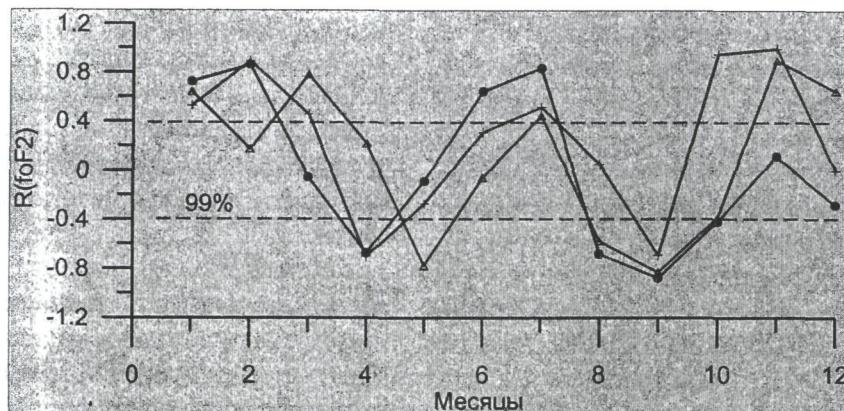


Рис. 1. Вариации среднемесячного индекса солнечной активности F(10.7) и среднемесячных полуденных и полуночных значений критических частот F2-слоя в период спада солнечной активности



Обозначения: вариации $R(f_oF)$ за 2001 г. – кресты;
вариации $R(f_oF)$ за 2006 г. – треугольники; вариации $R(f_oF)$ за 2007 г. – кружки.
Рис. 2. Изменение в течение года величины $R(f_oF)$ для ст. Алматы при ограничениях по геомагнитному индексу $Ap < 30$ нТ.

В работе проведены расчеты величин $R(foF2)$ при выборе дней с $Ap < 30$ нТ. Число дней с $Ap < 30$ лишь немногим меньше общего числа дней в рассматриваемом интервале (поскольку сильные возмущения с $Ap > 30$ нТ случаются относительно редко).

Максимальные по абсолютной величине отрицательные значения $R(foF2)$ наблюдаются в марте-мае, причем в этот период величина $R(foF2)$ превышает уровень значимости на 99 % по критерию Фишера. Обращает на себя внимание и второй осенний минимум в $R(foF2)$. Хотя величины $R(foF2)$ в этом минимуме не выходят за уровень значимости 99 %, однако она значима на уровне 90-95 %. Вопрос о существовании второго (осеннего) минимума в сезонном ходе $R(foF2)$ может оказаться очень важным для понимания физики связи стратосферы и ионосферы.

Зависимость величины $R(foF2)$ от индекса солнечной активности F10.7 для ст. Алматы приведена на рисунке 3.

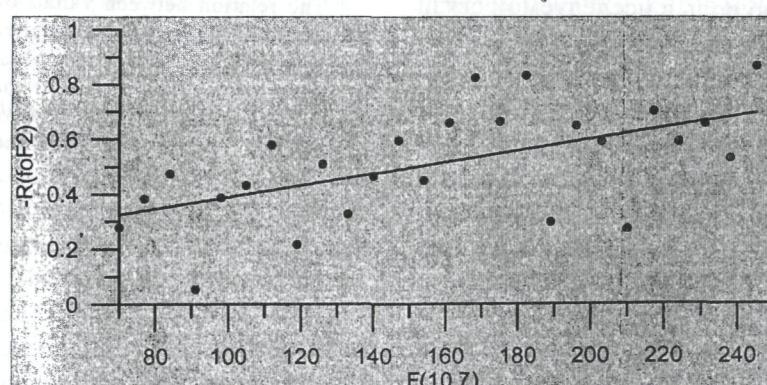


Рис. Зависимость величины $R(foF2)$ от индекса солнечной активности F10.7 для ст. Алматы

Проблема долговременных трендов ионосферных параметров привлекает пристальное внимание исследователей в течение уже более 10 лет.

Занимаются анализом долговременных вариаций основных параметром слоя F2 – f_oF2 $hmF2$. Результаты энного анализа подчас противоречивы. В связи с этим представляет интерес вопрос о том, существуют ли долговременные изменения параметра $R(foF2)$.

Очевидно, что прямое решение данного вопроса простым сравнением величин $R(f_oF)$ за различные годы невозможно, поскольку, как уже указывалось, коэффициент $R(f_oF)$ сильно зависит от уровня солнечной активности. Освободим ряды $R(f_oF)$ от зависимости от солнечной активности следующим путем: для каждой экспериментальной точки вычисляется величина dR : $dR = R(f_oF)(\text{набл}) - R(f_oF)(\text{регр})$,

где $R(f_oF)(\text{набл})$ – величина $R(f_oF)$, полученная непосредственно из экспериментальных данных, а $R(f_oF)(\text{регр})$ – величина $R(f_oF)$, получен-

ная в результате линейной аппроксимации. Временной ход величины dR анализировался затем для нахождения трендов $R(f_0F)$, не зависящих от солнечной активности.

Полученные результаты подтверждают наличие отрицательной корреляции полуденными и полуночными величинами f_0F2 . Однако существование этой корреляции представляется важным и для проблемы стратосферно-ионосферных связей, анализируемых на основании сопоставления стратосферного параметра $h(100)$ с f_0F2 . Отрицательная корреляция между $f_0F2(00)$ и $f_0F2(12)$ может, в первую очередь, объяснить разный знак корреляции при сравнении $h(100)$ с дневными и ночными величинами f_0F2 .

Сейчас можно лишь высказать предположение, что обнаруженный эффект связан с циркуляционными процессами, определяющими концентрацию атомного кислорода – основной ионизуемой компоненты на высотах слоя F2. На эту мысль наводит характер сезонных вариаций $R(f_0F2)$ описанный выше, и данные Sheperd G.G. [3] о наличии сильного изменения концентрации кислорода (O) в период весенней перестройки и циркуляции.

Характерно, что Sheperd G.G. [3] упоминает и о более слабом эффекте в период осенней перестройки, что качественно хорошо согласуется с результатами по сезонному ходу $R(f_0F2)$. Ваниной Л.Б. и Даниловым А.Д. [1], обнаружили обратную связь (статистически значимую отрицательную корреляцию) между величинами критической частоты слоя F2, f_0F2 в районе полудня и полуночи. Обнаруженная связь дневных иочных величин f_0F представляет интерес не только как неизвестный факт из области морфологии области F-ионосферы, но и как явление, которое может играть важную роль в исследуемой связи между стратосферой и ионосферой [1].

Заключение. Наибольшие величины коэффициента корреляции $R(f_0F2)$ демонстрируют хорошо выраженные сезонные вариации – наибольшие по амплитуде отрицательные величины $R(f_0F2)$ регистрируются в марте-мае. Ванина-Дарт Л.Б., Данилов А.Д. [2] высказал предвари-

тельные соображения о возможных механизмах, определяющих отрицательную корреляцию между дневными и ночными величинами f_0F2 . Эти механизмы связаны с влиянием термосферной циркуляции (термосферных ветров) на электронную концентрацию в максимуме слоя F2 днем и ночью.

На роль именно динамических процессов в изучаемом явлении указывает и тот факт, что наибольшие отрицательные величины $R(f_0F)$ наблюдаются, главным образом, в марте – апреле. В этот же период наблюдаются и наибольшие коэффициенты корреляции между f_0F2 и параметрами стратосферы.

Работа выполнена в рамках подпрограммы фундаментальных исследований «Физика формирования и эволюция космической погоды» (шифр подпрограммы Ф.0351-2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ванина Л.Б., Данилов А.Д. Геомагнетизм и аэрономия. Т. 43. № 6. С.660. 2003.
2. Ванина-Дарт Л.Б., Данилов А.Д. Геомагнетизм аэрономия. Т.46. № 2. С.219. 2006.
3. Sheperd G.G., Stegman J., Espy P. J. Geophys.Res. 1999.V. 104. № A1.p.213.
4. Химмельбау Д. Анализ статистическими методами. //Мир.: М. 1973. 250 с.

Резюме

Күн белсенділігінің төмендеу фазасы түсындағы (2000-2007 жж. мерзімі), әртүрлі маусымдар кезінде байқалған F2, f_0F2 ионосфералық қабаттың критикалық жиілігінің күнзігі жөне түнгі мөндерінің байланысы қарастырылған. $f_0F2(12)$ және $f_0F2(00)$ мөндерінің арасында статистикалық елеулі кері корреляцияның орын алатындағы жөне оның күн белсенділігінің жоғары мерзімдерінде ете айқын болатындығы көрсетілген.

Summary

The relation between values of limiting frequency of ionospheric F2 region, f_0F2 , at daytime and nighttime of different season on decline of solar activity phase (period of 2000 - 2007) was investigated. It was shown that there is statistically significant negative correlation between values $f_0F2(12)$ and $f_0F2(00)$ and it better expressed at the periods of higher solar activity.

ДГП «Институт ионосферы»
г. Алматы

Поступила 15.06. 2008 г.