

Сравнение параметров ионосферных мерцаний мощных радиоисточников в декаметровом диапазоне с индексами солнечной и геомагнитной активности

С. К. Панишко, О. А. Литвиненко

*Одесская обсерватория УРАН-4 Радиоастрономического института НАН Украины,
ул. Пушкинская, 37, Одесса, 65125, Украина
E-mail: spanishko@ukr.net, uran@paco.net*

По материалам наблюдений мощных космических радиоисточников на частотах 20 и 25 МГц получены характеристики ионосферных мерцаний: индекс s_4 , характерное время t и показатель наклона спектра p . Эти величины сравнивались с индексами солнечной (поток на длине волны 10.7 см, P_{10}) и геомагнитной (A_p индекс) активности. Исследована зависимость индекса ионосферных мерцаний от названных параметров на различных интервалах времени (от нескольких суток до нескольких лет). Довольно сильно выраженная сезонно-суточная зависимость индекса мерцаний затрудняет сравнение данных на интервалах меньше года. По этой причине наиболее надежными оказываются зависимости, полученные для среднегодовых значений. В частности, получено, что среднегодовые значения характерного времени мерцаний коррелируют с потоком P_{10} . В то же время четкой взаимосвязи между параметрами мерцаний и индексом геомагнитной активности обнаружить не удалось.

Введение

В ранних исследованиях, которые выполнялись на средних широтах, было показано, что параметры ионосферных мерцаний не коррелируют непосредственно с солнечной и геомагнитной активностью [1]. По нашим измерениям, которые проводились в 1988–1989 годах, корреляция этих величин также не была обнаружена [2]. В настоящее время мы имеем длительный ряд измерений индексов, характерных времен и наклонов спектров мерцаний на неоднородностях ионосферной плазмы четырех мощных радиоисточников на частотах 20 и 25 МГц. Период наблюдений длился 9 лет, с 1998 по 2006 год, – это почти охватывает 23-й одиннадцатилетний цикл солнечной активности. Поэтому интересно было бы проанализировать поведение этих величин в связи с поведением показателей солнечной и геомагнитной активности в течение цикла.

Методика измерений и обработки

Для анализа применялись среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения индексов, характерных времен и показателей наклонов спектров ионосферных мерцаний, полученные по материалам наблюдений на радиотелескопе УРАН-4 четырех мощных радиоисточников (3С144, 3С274, 3С405 и 3С461) на частотах 20 и 25 МГц. Методика наблюдений и расчета параметров ионосферных мерцаний подробно изложена в [3]. В качестве показателя солнечной активности был использован поток радиоизлучения Солнца на частоте 10.7 см P_{10} , а геомагнитной – планетарный индекс A_p . 23-й цикл солнечной активности

начался в конце 1997 года, максимум по относительному числу пятен наблюдался в апреле 2000 года, по потоку P_{10} – в феврале 2002 года; наиболее мощные вспышки произошли в октябре–ноябре 2003 года. Наибольшие значения геомагнитного индекса Ap отмечались в 2003 году.

Результаты

В таблице приведены коэффициенты корреляции, посчитанные для среднегодовых значений индексов, характерных времен и показателей наклонов спектров мерцаний, полученных по наблюдениям четырех радиоисточников на частотах 20 и 25 МГц, и среднегодовых величин солнечного потока на волне 10.7 см и геомагнитного индекса Ap .

Таблица.

Источ- ник	P_{10}						Ap					
	s_4		t		p		s_4		t		p	
	20	25	20	25	20	25	20	25	20	25	20	25
3C144	-0.11	-0.08	0.92	0.71	0.44	0.36	-0.11	0.29	0.18	-0.05	0.02	-0.05
3C274	-0.28	-0.12	0.87	0.72	-0.54	0.34	0.20	-0.04	-0.02	0.01	0.17	0.10
3C405	0.83	0.80	0.24	0.74	0.28	-0.13	-0.11	0.11	0.13	-0.02	-0.40	-0.07
3C461	0.43	0.13	0.43	0.66	-0.16	0.04	0.40	0.30	0.13	-0.04	0.35	0.28

Можно отметить, что только для одного источника (3C405) наблюдается значительная корреляция среднегодовых значений индексов мерцаний с величиной солнечного потока P_{10} , причем на обеих частотах, для остальных источников такая корреляция незначительна. Из таблицы также можно видеть, что показатель наклона спектра мерцаний p не коррелирует с индексом P_{10} . Что касается периода мерцаний t , то здесь корреляция заметна для всех источников на двух частотах, кроме случая для источника 3C405 на частоте 20 МГц. Надо учесть, что точность измерений на частоте 20 МГц ниже, чем на частоте 25 МГц, из-за наличия большого количества помех. Если учесть, что характерное время мерцаний связано с пространственным масштабом ионосферных неоднородностей, вызывающих мерцания, то можно говорить о контроле характерных размеров неоднородностей в ионосфере в течение солнечного цикла.

На рис. 1 приведены графики среднегодовых значений индекса s_4 , периода t и показателя наклона спектра p мерцаний для радиоисточника 3C274 на двух частотах в сравнении с графиками среднегодовых значений потока P_{10} и геомагнитного индекса Ap . Поведение этих параметров для остальных источников подобно с некоторыми особенностями. Из графика видно, что индекс мерцаний не следует за поведением солнечного цикла, период мерцаний, скорее всего, реагирует на изменение солнечной активности в значительной степени, а для наклона спектра изменение в течение солнечного цикла мало заметно, для него характерен небольшой минимум вблизи максимума солнечного потока.

Сравнение среднегодовых значений параметров ионосферных мерцаний с геомагнитным индексом Ap не выявило заметной корреляции между этими величинами, как можно видеть из таблицы и рис. 1, и наблюдений в 1988–1989 годах [2].

Среднемесячные значения параметров мерцаний подвержены сильной сезонно-суточной зависимости [4], и их сложно сравнивать с поведением среднемесячных значений индексов солнечной и геомагнитной активности.

На рис. 2 для примера приведены среднесуточные значения параметров ионосферных мерцаний радиостанции ЗС405, полученные по наблюдениям, проводившимся в июне 2001 года (этот период выбран, потому что нет пропусков в данных). Здесь же для сравнения приведены графики для солнечного радиопотока P_{10} и геомагнитного индекса A_p . Можно видеть, что за период времени в один месяц также трудно обнаружить взаимосвязь параметров мерцаний с индексами солнечной и геомагнитной активности.

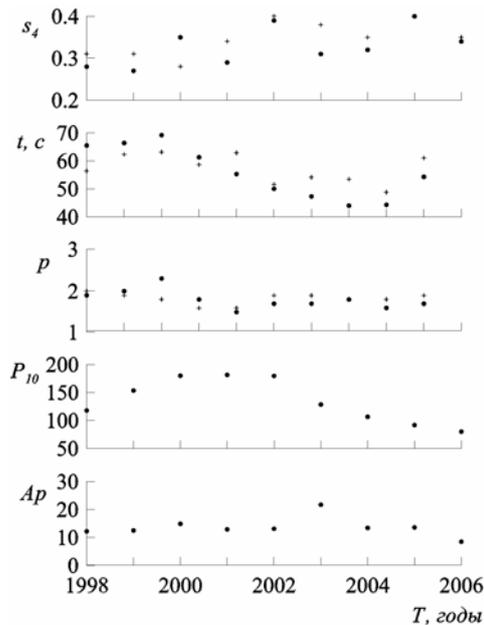


Рис. 1. Среднегодовые значения индекса ионосферных мерцаний s_4 для радиостанции ЗС274 на двух частотах (кружки – 25 МГц, крестики – 20 МГц) в сравнении со среднегодовыми величинами солнечного потока на длине волны 10.7 см и геомагнитного индекса A_p

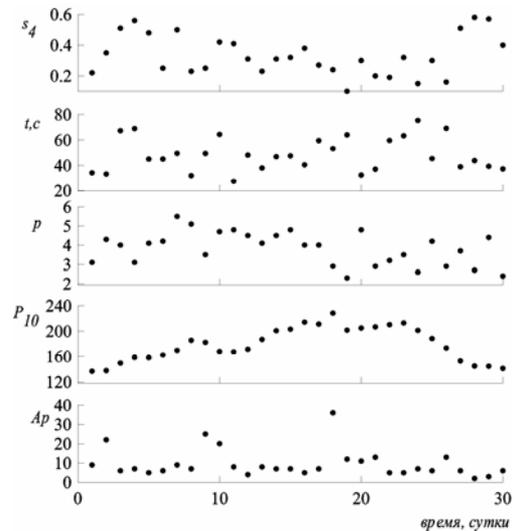


Рис. 2. Среднесуточные значения индексов, периодов и наклонов спектров ионосферных мерцаний радиостанции ЗС405 на частоте 25 МГц в сравнении с солнечным потоком P_{10} и геомагнитным индексом A_p , июнь 2001 года

Выводы

Для периода с 1998 по 2006 год получены среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения индексов, периодов и показателей наклона спектра ионосферных мерцаний четырех мощных радиостанций на частотах 20 и 25 МГц. Эти данные сравнивались с соответствующими по интервалам времени значениями солнечного радиопотока на волне 10.7 см и геомагнитного индекса A_p . Только среднегодовые индексы мерцаний одного из источников (ЗС405) обнаруживают заметную корреляцию с солнечным потоком P_{10} (коэффициент около 0.80). Взаимосвязь среднегодовых значений периодов мерцаний со среднегодовыми значениями P_{10} довольно существенна для всех источников (коэффициент корреляции около 0.7). Для показателей наклона спектра корреляция не наблюдается. Не обнаружена корреляция всех параметров мерцаний с геомагнитным индексом A_p . Чтобы объяснить поведение параметров ионосферных мерцаний на разных интервалах времени, необходимо, по-видимому, учитывать влияние процессов, которые происходят в нижней атмосфере.

Литература

1. Aarons J. Global morphology of ionospheric scintillations. Proc. IEEE. 1982, Vol. 70, No. 4, pp. 360-378.
2. Литвиненко О. А., Панишко С. К. Исследование мерцаний космических источников на неоднородностях ионосферы в декаметровом радиодиапазоне. Геомагнетизм и аэронавигация. 2000, Т. 40, № 4, с. 116-117.
3. Derevyagin V. G., Isaeva E. A., Kravetz R. O., Litvinenko O. A., and Panishko S. K. Observations of power cosmic radio sources on the radio telescope URAN-4 during 1998-2004. Astron. and Astrophys. Trans. 2005, Vol. 24, No. 5, pp. 421-424.
4. Kravetz R. O., Litvinenko O. A., Panishko S. K. Odessa Astronomical Publications. Temporal variations of ionospheric scintillation index on cosmic radio sources at decametric wave range. 2004, Vol. 17, pp. 42-44.

Порівняння параметрів іоносферних мерехтінь радіоджерел у декаметровому діапазоні з індексами сонячної і геомагнітної активності

С. К. Панишко, О. А. Литвиненко

За матеріалами спостережень потужних космічних радіоджерел на частотах 20 і 25 МГц отримані характеристики іоносферних мерехтінь: індекс s_4 , характерний час t та показник нахилу спектра p . Ці величини порівнювалися з індексами сонячної (потік на довжині хвилі 10.7 см P_{10}) і геомагнітної (Ap індекс) активності. Досліджено залежність індексу іоносферних мерехтінь від вказаних параметрів на різних часових інтервалах (від декількох діб до декількох років). Досить сильно виражена сезонно-добова залежність індексу мерехтінь ускладнює порівняння даних на інтервалах менше року. Із цієї причини найбільш надійними є залежності, отримані для середньорічних значень. Зокрема, отримано, що середньорічні значення характерного часу мерехтінь t корелюють з потоком P_{10} . Однак чіткого взаємозв'язку між параметрами мерехтінь та індексом геомагнітної активності виявити не вдалося.

Comparison of Ionospheric Scintillation Parameters of Powerful Radio Sources at Decameter Wavelengths with Indices of Solar and Geomagnetic Activity

S. K. Panishko and O. A. Litvinenko

The ionospheric scintillation parameters were obtained from observations of the powerful radio sources at the frequencies 20 and 25 MHz: index s_4 , characteristic time t and index of the spectrum slope p . These values were compared with indices of solar (flux at the wavelength 10.7 sm P_{10}) and geomagnetic (Ap index) activities. The dependence of the ionospheric scintillation index on mentioned parameters was investigated for different time intervals (from several days to several years). A strong enough seasonal-daily dependence of the scintillation index makes difficult the data consideration for intervals less than year. Thereat, the dependencies obtained for yearly mean values proved to be most reliable. In particular, the yearly mean values of the scintillation characteristic time were found to correlate with the values of flux P_{10} . However, no clear interconnection between scintillation parameters and geomagnetic activity index was found.