

УДК 621.317.361.029.42

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ШУМАНОВСКОГО РЕЗОНАТОРА И СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

А.А. Деревянных, А.Г. Колесник, С.А. Колесник

CORRELATION BETWEEN SHUMANN RESONATOR PARAMETERS AND SOLAR FLARES

A.A. Derevyannykh, A.G. Kolesnik, S.A. Kolesnik

Проводится анализ реакции параметров шумановских резонансов (частоты и амплитуды первых трех мод), наблюдаемых в г. Томске в период с 1997 по 2005 г. в режиме непрерывного мониторинга, на рентгеновские солнечные вспышки класса X.

За анализируемый период рассмотрено более 100 событий, для которых во время солнечных вспышек класса X имелись экспериментальные данные мониторинговых измерений параметров резонансов. Оказалось, что частоты основных мод шумановских резонансов являются очень чувствительным индикатором проявления солнечных вспышек в нижней ионосфере Земли. Вероятность отклика солнечных вспышек на какой-либо из параметров шумановского резонатора достигает 80 %.

There is made the analysis of reaction of parameters of Shumann resonances (frequency and amplitude of first three modes), observing in Tomsk during the period from 1997 to 2005 is carried out in a mode of continuous monitoring, on X-ray solar flares of X class.

For the analyzed period it is considered more than 100 events for which during solar flares of a class X there were experiment data of monitoring measurements of parameters of resonances. Appeared, that frequencies of the basic modes resonances of shumann are very sensitive indicator of display of solar flares in the low ionosphere of the Earth. The probability of the response of solar flares on any of parameters the resonator of shumann achieves 80 %.

Начиная с 50-х гг. прошлого века возник интерес к еще не освоенной области частот – сверхнизким частотам (СНЧ). В этой области распространение электромагнитных волн происходит весьма своеобразно. Благодаря тому, что длина волны соизмерима с радиусом Земли, в СНЧ-диапазоне существует глобальный резонатор Земля–ионосфера [1]. На возможность существования этого резонатора впервые указал Шуман. Он рассчитал спектр собственных частот резонатора Земля–ионосфера.

Интерес к глобальным резонаторам резко возрос с начала 60-х гг. после их экспериментального обнаружения Бальсером и Вагнером. Основным источником этого резонатора являются грозы. На Земле в каждый момент времени происходит около 200 гроз, причем основные источники расположены в приэкваториальной области [2].

К настоящему моменту было проведено много исследований по данной тематике, но связь параметров шумановского резонатора (ШР) со вспышечной активностью Солнца изучена слабо. В данной работе была сделана попытка оценить степень влияния солнечных вспышек на параметры ШР, такие как частоты и амплитуды. Поскольку вероятность отклика должна зависеть от мощности вспышки, то основное внимание в данной работе было уделено наиболее сильным вспышкам, т. е. вспышкам класса X.

Начиная с марта 1997 г. в Сибирском физико-техническом институте проводится непрерывный мониторинг в диапазоне шумановского резонанса [3]. Проведенный анализ данных мониторинга показал, что в ряде случаев во время солнечных вспышек резко изменяются параметры ШР (частота и амплитуда). В качестве примера на рис. 1 приведены изменения частоты первых трех мод ШР. Видно, что в момент не сильной солнечной вспышки класса M (18.03.2003, 07:37 LT) частоты ШР незначительно уменьшаются, тогда как после вспышки класса X

(18.03.2003, 19:08 LT) вариации частоты становятся больше и превышают 1 Гц.

Суточное распределение вероятности отклика первой резонансной частоты ШР на солнечные вспышки класса X (рис. 2) показало, что в течение суток наблюдается два минимума (примерно в 03:00 и в 11:00 LT).

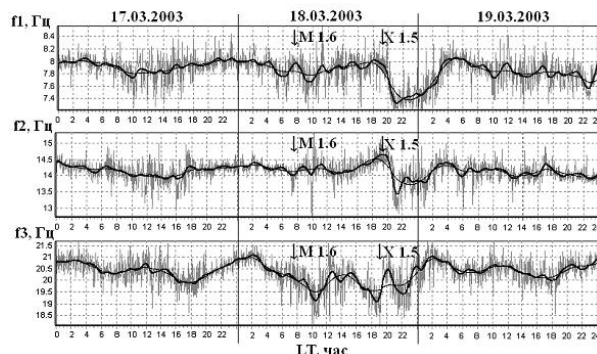


Рис. 1. Реакция частот первых трех мод шумановского резонатора (f_1, f_2, f_3) на вспышку класса X.

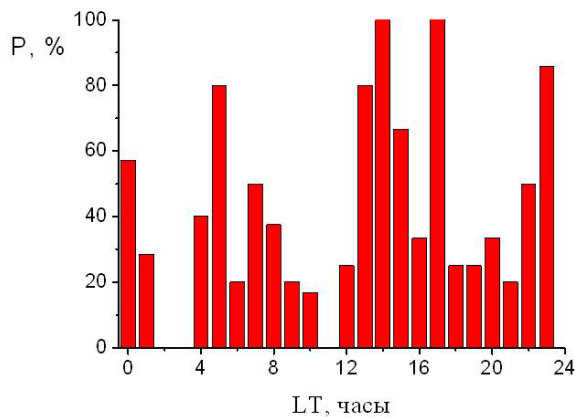


Рис. 2. Суточное распределение вероятности отклика первой резонансной частоты шумановского резонатора на солнечные вспышки класса X.

По-видимому, они связаны с тем, что в эти часы основной вклад в формирование излучения на первой резонансной частоте вносят экваториальные части американского и африканского континентов, но в силу своей особенности оно не может быть зарегистрировано в Томске.

Подобный эффект также наблюдается и для других резонансных частот, но минимумы приходятся уже на другое время суток, это время также совпадает с тем временем, когда основной вклад вносят регионы, излучение от которых мы не можем фиксировать в Томске.

Механизм воздействия солнечных вспышек на частоты ШР заключается в следующем: в момент солнечной вспышки увеличиваются потоки рентгеновского и ультрафиолетового излучения. За счет этого в нижней ионосфере резко возрастает концентрация заряженных частиц, и, таким образом, меняются диэлектрические свойства резонатора, вследствие чего и происходит изменение собственных частот резонатора.

Поскольку меняются диэлектрические свойства резонатора, должна меняться не только частота, но и амплитуда. За счет увеличения концентрации в нижней ионосфере уменьшается высота отражения, и, как следствие, высота резонатора. Из-за этого будет уменьшаться поглощение, и амплитуда должна возрастать. На рис. 3 в качестве примера приведена реакция амплитуд первых трех мод ШР на вспышку класса X для 26.11.2000 г. Видно, что солнечная вспышка увеличивает амплитуду резонансов примерно в три раза, причем эффект отклика амплитуды проявляется даже сильнее, чем для частот.

Наряду с частотными характеристиками были рассмотрены также и зависимости амплитудных характеристик ШР от солнечных вспышек класса X. На рис. 4 приведено суточное распределение вероятности отклика амплитуды первой моды ШР на солнечные вспышки класса X. Видно, что минимумы этого распределения совпадают по времени с минимумами распределения, полученными для частот, т. е. в большинстве случаев, если происходит отклик одного из параметров резонатора, то будет меняться и другой параметр.

Проведенные исследования показали, что вероятность отклика на солнечные вспышки класса X каждого параметра резонатора составляет около 50 % (см. таблицу), а вероятность отклика на солнечную вспышку хотя бы одного из параметров (частота f или амплитуда A) достигает 80 %.

При дальнейшем изучении было установлено, что в ряде случаев отклик параметров ШР на слабые вспышки класса C и M превышал отклик на вспышку класса X, хотя они происходили в один день. Таким образом, можно отметить, что на параметры резонатора влияют не только сильные вспышки класса X, но

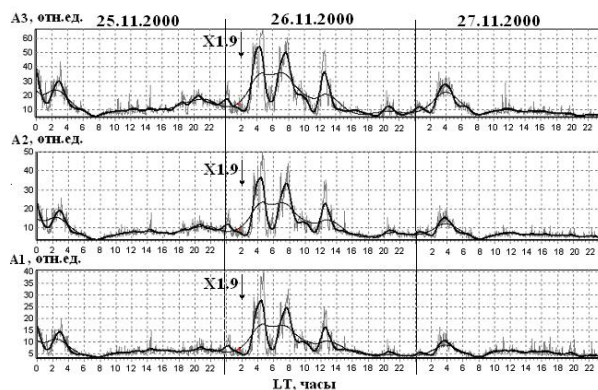


Рис. 3. Реакция амплитуд первых трех мод шумановского резонатора (A1, A2, A3) на вспышку класса X.

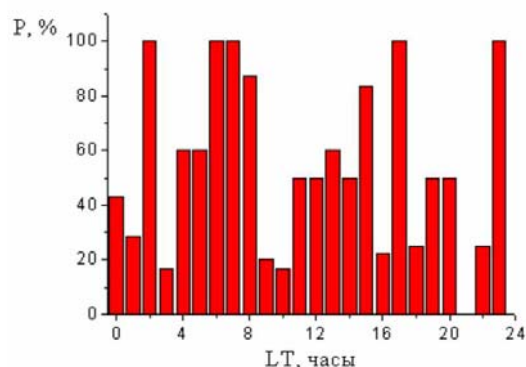


Рис. 4. Суточное распределение вероятности отклика амплитуды первой моды шумановского резонатора на солнечные вспышки класса X.

также и более слабые вспышки класса M и даже C, причем отклик частоты зависит не столько от силы вспышки, сколько от времени суток, в которое она произошла и где располагался основной источник ШР в это время, т. е. от местоположения источников и приемного комплекса в момент вспышки. В силу такой особенности появляется возможность регистрации солнечных вспышек по отклику характеристик ШР даже в ночное время суток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюх П.В., Николаенко А.П., Филиппов Ю.Ф. Глобальные электромагнитные резонансы в полости Земля–ионосфера. Киев: Наукова думка, 1977. 200 с.
2. Региональный мониторинг атмосферы. Ч. III. Уникальные измерительные комплексы / Под ред. М.В. Кабанова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 238 с.
3. Колесник А.Г., Колмаков А.А., Шинкевич Б.М. Шумановские резонансы. 1. Мониторинг электромагнитного фона КНЧ-диапазона // Изв. ВУЗов. Физика. 2003. № 2. С. 69–73.

Сибирский физико-технический институт, Томск
sas.81@mail.ru

Таблица

Параметр	f_1	f_2	f_3	A1	A2	A3	f	A
Вероятность отклика, %	47	52	57	55	54	52	76	81