

ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТ ШУМАНОВСКИХ РЕЗОНАНСОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

К. А. Зенин*

Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук, Москва, Россия

**E-mail: zenin.ka@idg.ras.ru*

Шумановские резонансы — электромагнитное излучение в полости Земля–ионосфера с резонансными частотами, близкими к 8, 14, 20, ... Гц. Существование таких резонансов предсказал В. О. Шуман в 1952 г. Эти резонансы возбуждаются грозowymi разрядами, происходящими по всей планете каждую секунду. Частоты шумановских резонансов определяются параметрами нижней ионосферы Земли, в частности – высотой границы ионосферы над поверхностью. При изменении параметров ионосферы частоты резонансов также изменяются. Солнечные вспышки представляют собой взрывы в атмосфере Солнца, вызванные перестройкой магнитных полей. Они сопровождаются интенсивным излучением в рентгеновском диапазоне, которое на 3–4 порядка превышает уровень излучения в обычных условиях. Это скачок в интенсивности ведёт к изменению параметров ионосферы.

Целью данной работы являлось нахождение эмпирической зависимости вариаций частот первых мод шумановских резонансов от интенсивности излучения в жёстком рентгеновском диапазоне. В процессе проанализированы около полсотни вспышек X-класса и около сотни вспышек M-класса в промежутке с 2011 по 2023 гг..

Для определения частот шумановских резонансов использовались данные, полученные из геофизической обсерватории Института динамики геосфер РАН в «Михнево», в 100 км южнее Москвы (54.96° N, 37.76° E), где установлены два магнитометра, измеряющие компоненты магнитного поля Земли с высоким временным разрешением. Частоты резонансов рассчитывались из записей магнитного поля с помощью аппроксимации лоренцианами. Вариации параметров рассчитывались как отклонения от среднего тренда. Данные об интенсивности рентгеновского излучения солнечных вспышек получены из архивов спутников GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) — американских геостационарных метеорологических спутников. Эти спутники непрерывно мониторят солнечную активность и рентгеновское излучение в различных диапазонах длин волн, полученные приборами XRS (X-Ray Sensor) на борту спутников GOES. Общий диапазон измерений рентгеновского излучения – 0.05–0.8 нм.

Была выявлена пропорциональная зависимость между вариациями частот и логарифмом излучения в диапазоне до 0.3 нм. Для расчета интенсивности в этом диапазоне сначала рассчитывалась эффективная яркостная температура в приближении модели абсолютно черного тела. Затем через неё находилась искомая интенсивность с помощью формулы Планка. Также выявлено, что резонансные частоты у более высоких мод изменяются сильнее, чем у низких.

Исследование проведено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 122032900175-6).

SCHUMANN RESONANCES FREQUENCIES MODIFICATION DUE TO X-RAY IRRADIANCE DURING SOLAR FLARES

К. А. Zenin*

Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

** E-mail: zenin.ka@idg.ras.ru*

Schumann resonances are electromagnetic radiation in the cavity between Earth and its ionosphere with resonant frequencies close to 8, 14, 20, ... Hz. The existence of such resonances was predicted by W. O. Schumann in 1952. These resonances are excited by lightning discharges, which happen on the whole planet every second. The Schumann resonances frequencies are determined by parameters of Earth's lower ionosphere, particularly by its boundary position above the ground. A change in the parameters inflicts a change in resonance frequencies as well. Solar flares are bursts in Sun's atmosphere, caused by magnetic fields

restructuring. They are followed by intense x-ray irradiation, which in 3-4 times exceeds the level of irradiation during normal conditions. This leap leads to a ionosphere parameters modification.

The purpose of this study was to find an empirical dependence between first few modes of Schumann resonances frequencies variations and hard x-ray irradiance. During the process about half a hundred X-class and about one hundred M-class flares were examined in a range from 2011 to 2023.

The Schumann resonances frequencies were determined by data from Institute's of geosphere dynamics geophysical observatory in «Miknevo» City District. There are two magnetometers installed there, which measure components of Earth's magnetic field with high temporal resolution. The resonances frequencies were calculated from magnetic field records via lorentzians approximation. The parameter variations were calculated as deviations from the trend. The x-ray irradiance data were received from GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) archive. These satellites monitor solar activity and x-ray irradiance in various wavelength ranges. The total range of x-ray irradiance measurements is 0.05–0.8 nm.

There was a proportional relation found between frequencies variations and a logarithm of irradiance in a range below 0.3 nm. To calculate the irradiance in this range first a brightness temperature was calculated by means of black body model. Then the irradiance was calculated using the Planck's formula. It was also found that higher modes produce higher variations.