

УДК 621.317.361.029.42

## ОСНОВНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ШУМАНОВСКОГО РЕЗОНАТОРА

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

### BASIC TIME REGULARITIES OF SCHUMANN RESONATOR PARAMETERS

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

В работе приводятся основные временные закономерности параметров шумановского резонатора по данным наблюдений, полученным в период 1997–2009 гг. в Томске. Показано, что за весь период наблюдений в параметрах наблюдаются ярко выраженные как суточные, так и сезонные и более долгопериодные закономерности.

This work presents basic time regularities of Schumann resonator parameters according to observed data obtained in Tomsk in 1997–2009. It is shown that pronounced daily, seasonal, and longer-period regularities were observed in these parameters throughout the observation period.

Известно, что на малых высотах электрическая проводимость воздуха очень мала, но с удалением от Земли она быстро растет и уже на высоте несколько десятков километров, где начинается область ионосферы, увеличивается в миллионы раз. Это обстоятельство позволило немецкому физiku Шуману сделать предположение о том, что Земля и ионосфера представляют собой сферический волновод, в полости которого могут распространяться радиоволны различных диапазонов, впоследствии названный шумановским резонатором [1, 2].

Люди, животные и растения давно адаптировались к колебаниям в диапазоне шумановских волн. В США (НАСА) и Германии (Институт М. Планка) проводились длительные эксперименты, в результате которых было установлено, что волны Шумана необходимы для синхронизации биологических ритмов и нормального существования всего живого на Земле [3]. Наряду с этим непрерывный мониторинг собственных частот глобального резонатора Земля – ионосфера позволяет делать выводы о распределении гроз по земному шару [4], а недавние исследования японских ученых свидетельствуют о связи между землетрясениями и возбуждениями аномальных резонансов в диапазоне волн Шумана [5].

Во всех этих исследованиях для разделения причин, которые приводят к изменению характеристик шумановского резонатора, необходимо учитывать периодические изменения параметров шумановского резонатора (сезонные, суточные, годовые вариации), связанные с изменением характеристик самого волновода и источников.

Изучение основных временных закономерностей характеристик шумановского резонатора началось с работ Бальсера и Вагнера, которые впервые экспериментально зарегистрировали электромагнитное излучение в этом диапазоне [6]. Впоследствии изучению сезонно-суточных характеристик шумановского резонатора было посвящено много работ [4, 7, 8 и др.], но все эти исследования проводились на коротких рядах данных.

Начиная с марта 1997 г. в Томске проводится непрерывный мониторинг параметров электромагнитного фона в диапазоне шумановских резонансов [9]. Накопленная за 11-летний период база данных позволяет определить основные сезонно-суточные изменения параметров шумановского резонатора за полный солнечный цикл.

В качестве примера на рис. 1 приведены сезонно-суточные вариации частоты третьей моды шумановского резонатора, наблюдавшиеся с 1997 по 2009 гг. Проведенный анализ данных показал, что почти для всех мод шумановского резонатора, независимо от времени года, максимальные значения частоты приходятся на 2 ч ночи местного времени.

Сравнивая сезонно-суточное распределение частоты по всем четырем модам шумановского резонатора, можно отметить, что в зимнее время года имеется максимум в дневное время, а летом для всех мод, кроме первой, наблюдается ярко выраженный минимум в 6 ч утра и характерное для всех четырех мод заметное увеличение частоты в дневное время. Данные закономерности проявляются на всем периоде наблюдений (1997–2009 гг.) и не зависят от солнечной активности.

Таким образом, видно, что поведение параметров основных мод шумановского резонатора меняется от сезона к сезону в течение всех наблюдаемых лет. Поэтому для более наглядного представления данные мониторинга были условно разделены на 4 группы: зима, весна, лето, осень, которые также усреднялись и рассматривались независимо друг от друга.

В результате были построены суточные распределения частот первых четырех мод вертикальной компоненты электрического поля шумановского резонатора для каждого сезона года за двенадцатилетний период с 1997 по 2009 г. В качестве примера на рис. 2 изображены суточные распределения частоты первой моды шумановского резонатора для каждого сезона года.

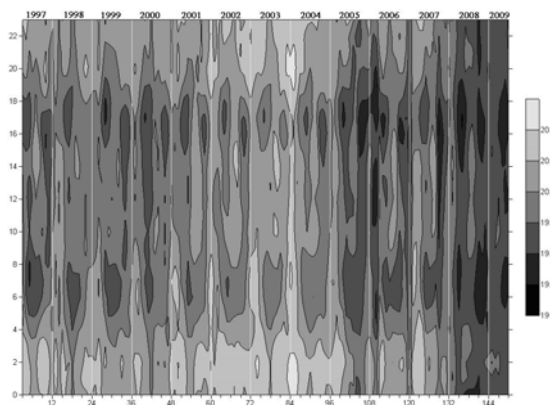


Рис. 1. Сезонно-суточное распределение частоты третьей моды шумановского резонатора для 1997–2009 гг.

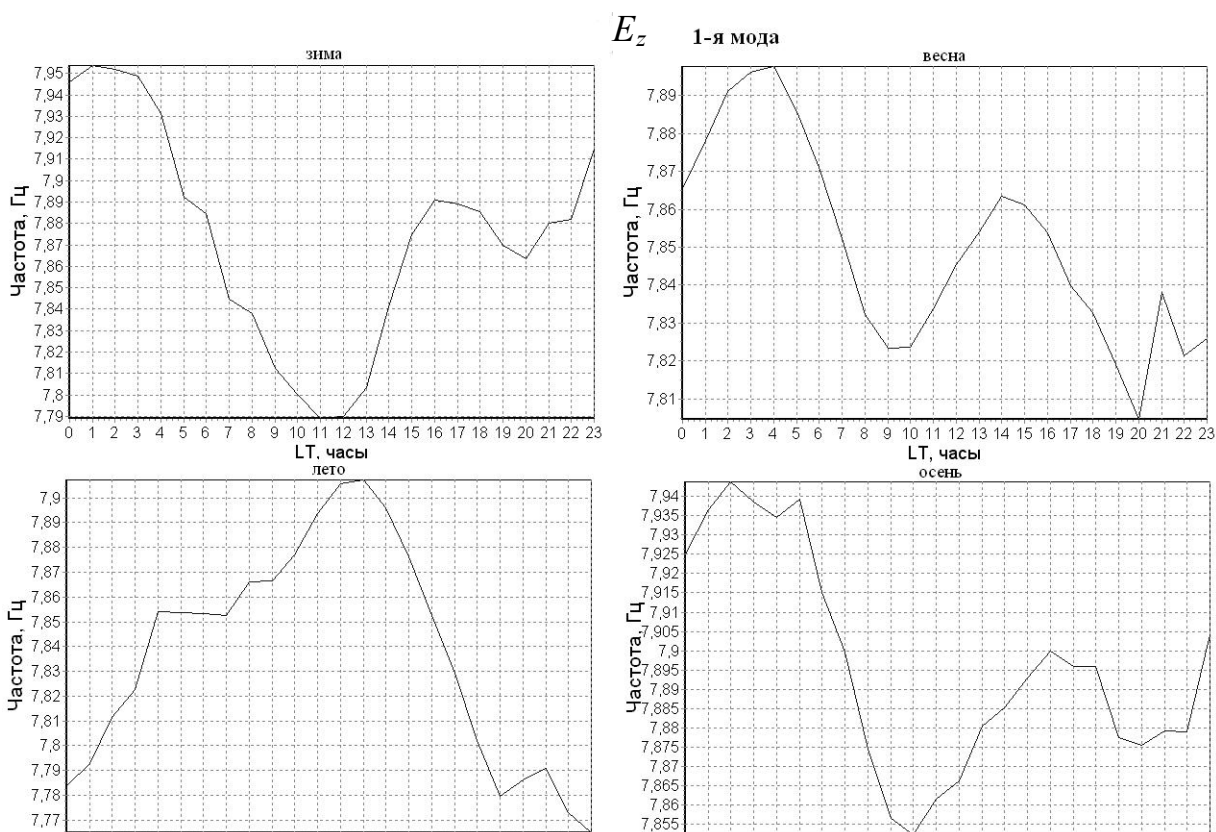


Рис. 2. Сезонно-суточные вариации частоты первой моды шумановского резонатора, наблюдавшиеся с 1997 по 2007 г.

Если сравнивать сезонно-суточное распределение частоты по всем четырем модам шумановского резонатора, то можно отметить, что зимние и летние распределения частоты противоположны, т. е. для всех четырех мод в зимнее время года имеется максимум в ночное время, а летом наблюдается характерное для всех четырех мод увеличение частоты в дневное время. Распределения частоты в весеннее и осеннее времена года схожи между собой, как для одного, так и для другого периода наблюдается максимум в 2 ч ночи и минимум частоты в утренние часы.

Наряду с изучением основных сезонно-суточных закономерностей параметров шумановского резонатора, в данной работе было проведено сопоставление характеристик шумановского резонатора, полученных в Томске, с экспериментальными данными, полученными в других пунктах.

На рис. 3 представлены суточные вариации амплитуды первой моды шумановского резонатора, наблюдавшиеся в течение четырехлетнего периода с 1999 по 2002 г. в пустыне Negev [4] ( $LT_1$  соответствует часовому поясу для пустыни и составляет UT+4 ч) и в Томске ( $LT_2$  соответствует часовому поясу для г. Томска и составляет UT+7 ч).

Сравнивая распределения, полученные в пустыне и в Томске, можно отметить, что максимальные значения амплитуд приходятся на одно и то же местное время (примерно 15 ч), несмотря на то, что разница во времени между пунктами приема составляет 3 ч.

Аналогичное сопоставление было проведено с дан-

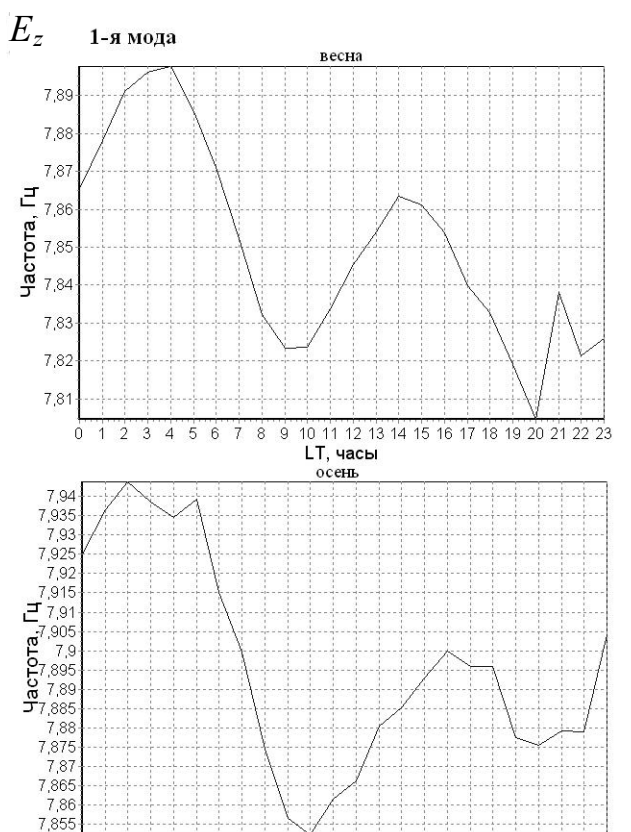


Рис. 3. Среднесуточные вариации амплитуды первой моды шумановского резонатора, наблюдавшиеся в пустыне Negev (слева) в Томске (справа) с 1999 по 2002 г.

ными, полученными в высокоширотном пункте Лехта [8] за пятидневный период с 1 по 5 ноября 2001 г. Сравнение показало, что амплитуды шумановского резонатора, зарегистрированные в высокоширотном пункте Лехта и в Томске, так же как и в пустыне Negev, имеют схожие суточные распределения (рис. 4).

Таким образом, можно отметить, что параметры шумановского резонатора имеют ярко выраженную зависимость от сезона года и от времени суток. Показано, что суточные распределения параметров шумановского резонатора, зарегистрированные в разных пунктах, имеют схожую картину распределения, т. е. максимальные значения амплитуд достигаются при различных мощностях грозных разрядов и на распределение амплитуд основное влияние оказывают не сами источники, а канал распространения.

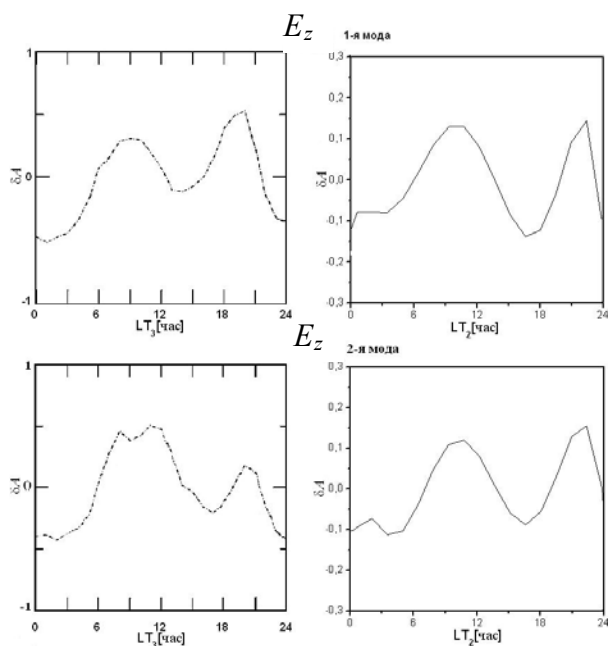


Рис. 4. Суточные вариации амплитуды первой и второй моды шумановского резонатора, наблюдавшиеся с 1 по 5 ноября 2001 г. в Томске и высокоширотном пункте Лехта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schumann W.O. Über die strahlungslosen Eigenschwingungen einer leitenden Kugel, die von einer Luftschicht und einer Ionosphärenhülle umgeben ist // Zeitschrift für Naturforschung. 1952. V. 7a. P. 149–154.
2. Schumann W.O. Elektrische Eigenschwingungen des Hohlraumes Erde-Luft-Ionosphaere // Z. Angew. Phys. 1957. V. 9. P. 373–378.
3. Устюгов В.В. Социально-природные факторы, определяющие качество жизни, или Почему мы не бессмертны / Международный университет природы, общества и человека «Дубна» // Сборник трудов кафедры устойчивого инновационного развития. Издательство РАЕН, 2007
4. Price C., Melnikov A. Diurnal, seasonal and inter-annual variations in the Schumann resonance parameters // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 2004. V. 66. P. 1179–1185.
5. Ohta Kenji, Izutsu Jun, Hayakawa Masashi. Anomalous excitation of Schumann resonances and additional anomalous resonances before the 2004 Mid-Niigata prefecture earthquake and the 2007 Noto Hantou Earthquake // Phys. Chem. Earth. 2009. V. 34, Iss. 6–7. P. 441–448.
6. Balsler M., C.A. Wagner: Diurnal power variations in the Earth-ionosphere cavity modes and their relationship to world-wide thunderstorm activity // J. Geophys. Res. 1962. V. 67. P. 619.
7. Блюх П.В., Николаенко А.П., Филиппов Ю.Ф. Глобальные электромагнитные резонансы в полости Земля–ионосфера. Киев: Наукова думка, 1977. 200 с.
8. Pechony O., Price C. Schumann resonances: importance of the day-night cavity asymmetry // Tel Aviv University, Geophysics and Planetary Sciences, Ramat Aviv, 69978, Israel.
9. Колесник А.Г., Колмаков А.А., Шинкевич Б.М. Шумановские резонансы. 1. Мониторинг электромагнитного фона КНЧ диапазона // Изв. вузов. Физика. 2003. Т. 68. С. 71

Томский государственный университет, Томск