

УДК 621.317.361.029.42

А.А. ДЕРЕВЯННЫХ, С.А. КОЛЕСНИК

СЕЗОННО-СУТОЧНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ШУМАНОВСКИХ РЕЗОНАНСОВ В РАЗНЫХ РЕГИОНАХ ЗЕМЛИ¹

Представлен анализ сравнения временных закономерностей параметров шумановских резонансов, регистрируемых в разных пунктах приема (Holister, Negev, Лехта) с результатами мониторинга электромагнитного фона в Томске. Показано, что частоты в различных пунктах имеют схожую динамику в одно и то же время, тогда как сходство амплитуд наблюдается только для местного времени.

Ключевые слова: шумановский резонанс, электромагнитный фон, мониторинг, временные закономерности.

Введение

В 1949 г. профессор Мюнхенского технического университета Шуман (W.O. Schumman) поставил перед своими студентами задачу вычисления параметров симметричного резонатора, образованного двумя помещенными друг в друга сферами. Для расчетов были взяты размеры Земли и ионосферы. При вычислениях также должны были приниматься во внимание возмущения воздушной среды, грозовая активность и процессы, происходящие на Солнце.

В результате проведенных расчетов было подтверждено, что Земля и окружающий ее воздушный слой (ионосфера) образуют гигантский сферический резонатор [1, 2]. С точки зрения радиотехники это две сферы, помещенные одна в другую, полость между которыми ограничена проводящими поверхностями.

В таком резонаторе распространяются с малым коэффициентом затухания волны определенной длины. В данном случае это волны с резонансами на частотах около 8, 14, 20 и 26 Гц.

Исследуя электромагнитные поля в сферическом слое, ограниченном поверхностью Земли и нижней ионосферой, В.О. Шуман в 1952 г. теоретически предсказал существование естественных резонансов в полости Земля – ионосфера. Уже в 50-х годах Герберт Кениг обратил внимание на совпадение частоты волны, рассчитанной Шуманом, с диапазоном альфа-ритмов человеческого мозга. На сегодняшний день шумановские резонансы считают одним из основных ритмозадатчиков организма человека [3–5]. Интерес к глобальным резонаторам резко возрос в начале 60-х годов после их экспериментального обнаружения Бальсером и Вагнером [6].

Именно к этому времени относятся первые работы по изучению сезонно-суточных закономерностей параметров резонатора. На сегодняшний день опубликовано большое количество работ по данной тематике, но мало внимания уделено сопоставлению динамики параметров шумановского резонатора, зарегистрированных в разных точках Земли.

Временные закономерности параметров шумановских резонансов

В Томске, начиная с марта 1997 г., проводится непрерывный мониторинг электромагнитного фона в диапазоне частот шумановских резонансов [7]. В результате мониторинга были определены основные сезонно-суточные закономерности частот первых трех мод шумановских резонансов в городе Томске за 10-летний период [8].

Аналогичные исследования временных закономерностей параметров шумановских резонансов (ШР) проводились и в других географических районах. Например, в пустыне Negev, находящейся в Израиле, измерения проводились в период с 1999 по 2002 г. [9]. Для сравнения результатов, полученных в пустыне Negev, с закономерностями шумановского резонатора, наблюдаемыми в Томске, был построен график зависимости амплитуды вертикальной компоненты электрического поля от времени суток для первой моды за период с 1999 по 2002 г. Сопоставление результатов измерений, полученных в Томске и в пустыне Negev, представлено на рис. 1: *a* – суточные вариации

¹ Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 гг.», ГК № 16.518.11.7048.

ции амплитуды первой моды шумановского резонатора для четырехлетнего периода в пустыне Negev (LT_1 соответствует местному времени для пустыни и составляет UT+4 ч); б – суточные вариации амплитуды первой моды ШР за этот же период, регистрируемые в Томске (LT_2 соответствует местному времени для Томска, которое составляет UT+7 ч). Сравнивая распределения, полученные в пустыне Negev и в Томске, можно отметить, что максимальные значения амплитуд приходятся на одно и то же местное время 16 часов, несмотря на то, что разница во времени между пунктами приема составляет 3 часа.

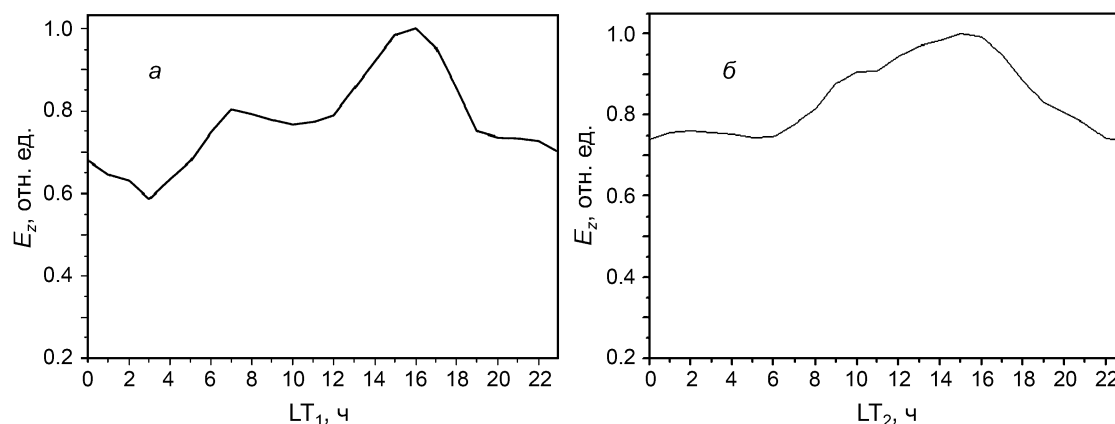


Рис. 1. Суточные вариации амплитуды первой моды ШР, наблюдаемые: а – в пустыне Negev; б – в Томске, с 1999 по 2002 г.

Аналогичные измерения параметров шумановских резонансов наряду с Томском и пустыней Negev также проводились в высокоширотном пункте Лехта, расположенном в Республике Карелия [10]. Измерения проводились в период с 1 по 5 ноября 2001 г. На рис. 2 представлены результаты измерений частоты и амплитуды первой моды, полученные в Томске и Лехта (LT_3 соответствует

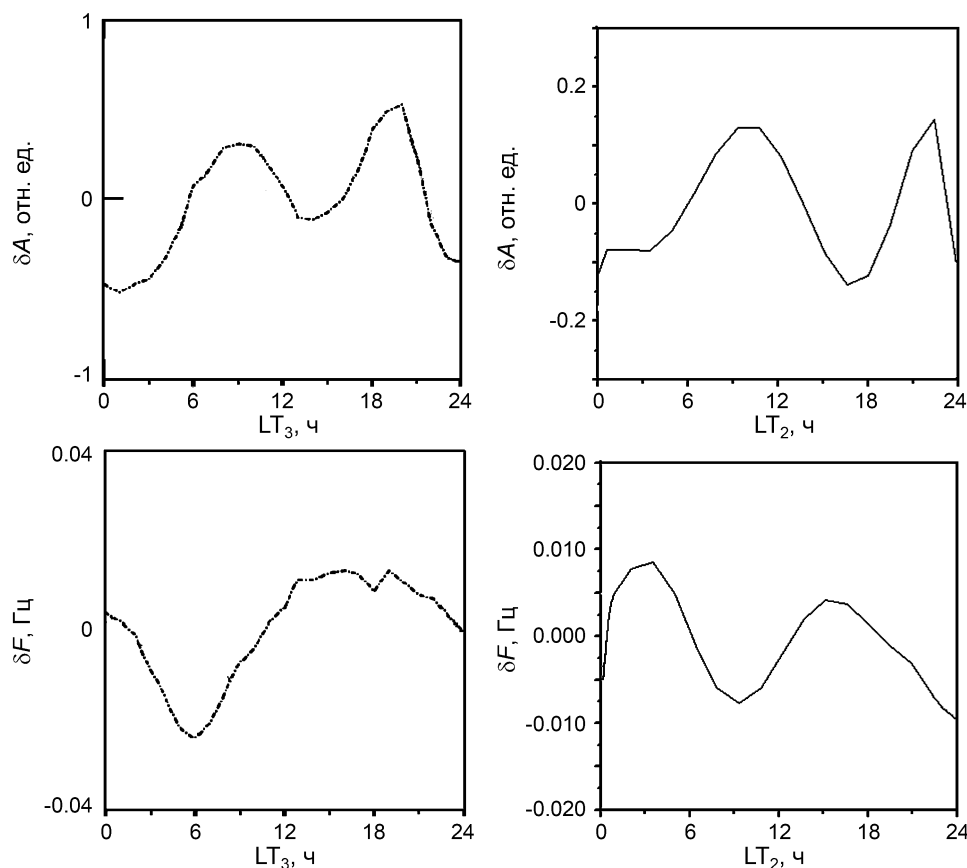


Рис. 2. Вариации амплитуды и частоты первой моды ШР в период с 1 по 5 ноября 2001 г. (слева – наблюдаемые в высокоширотном пункте Лехта; справа – в Томске)

местному времени для пункта Лехта и составляет UT+4 ч). В левой части рисунка расположены суточные вариации амплитуды и частоты первой моды ШР, наблюдаемые в течение 5 дней в высокоширотном пункте Лехта, справа – суточные вариации амплитуды и частоты первой моды ШР, фиксируемые в Томске в течение того же периода.

При сравнении этих распределений видно, что вариации амплитуды первой моды ШР, наблюдаемые в высокоширотном пункте Лехта и в Томске, похожи между собой. Амплитуда первой моды ШР, наблюдаемая в высокоширотном пункте Лехта, так же, как и в Томске, достигает максимальных значений в 9 и 20 часов по местному времени. Суточные изменения частоты, наблюдаемые в высокоширотном пункте Лехта с 1 по 5 ноября 2001 г., имеют один минимум, приходящийся на 6 часов. В вариациях частоты, наблюдаемых в Томске в этот же период времени, наблюдается также один минимум около 9 часов. Учитывая разницу приемных пунктов по времени (3 часа), получается, что минимальные значения частоты приходятся на одно и то же время.

Аналогичные закономерности также проявляются при сравнении распределений амплитуд и частот второй моды ШР, наблюдаемых в Томске и в высокоширотном пункте Лехта. На рис. 3 представлены вариации параметров второй моды. Видно, что максимальные значения амплитуд достигаются в одно и то же местное время, а минимальные значения частот сдвинуты на величину, равную разнице по времени между пунктами измерения.

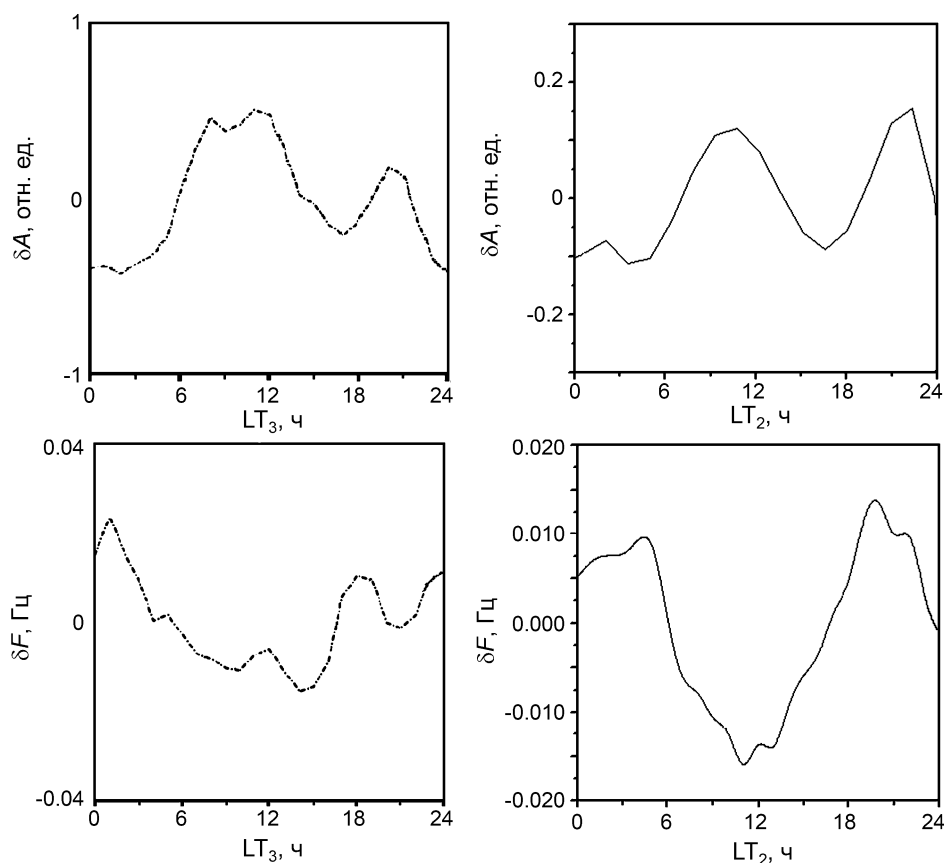


Рис. 3. Вариации амплитуды и частоты второй моды ШР (слева – наблюдаемые в высокоширотном пункте Лехта, справа – в Томске) в период с 1 по 5 ноября 2001 г.

В США на станции Holister (штат Калифорния) проводились измерения сезонно-суточных закономерностей двух магнитных и электрической компонент на первой моде шумановских резонансов. Наблюдения велись начиная с 1996 г. с помощью трехкомпонентных сенсоров магнитного поля, регистрирующих данные в полосе частот 0,0001–20 Гц, ориентированных в двух горизонтальных направлениях (географические восток – запад, север – юг) и вертикальном направлении. Данные усреднялись с 15-минутным интервалом и были доступны на сайте <http://ncedc.org/>. В результате обработки данных мониторинга за период с 1997 по 2005 г. были получены суточные ва-

риации частоты первой моды ШР, которые представлены на рис. 4 (кривая 1). Аналогичная обработка была проведена для данных, полученных в Томске (рис. 4, кривая 2).

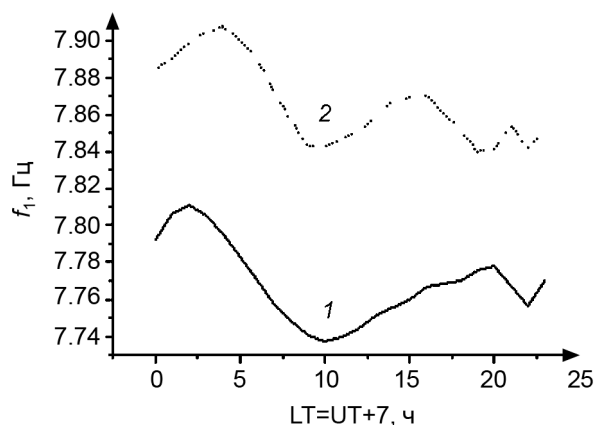


Рис. 4. Суточные вариации частоты первой моды ШР на станциях Holister (кр. 1) и Томск (кр. 2)

Анализ графиков показал, что наблюдается схожая динамика для обеих станций, но частоты в Томске примерно на 0,1 Гц больше. Из графиков видно, что максимальные значения частот наблюдаются в вечернее время, а минимальные значения в утреннее время. То есть динамика частот, приведенная к одному времени, имеет схожую картину, как и наблюдалось при сравнении данных, полученных в Томске и пункте Лехта.

Наряду с суточной динамикой проведенный анализ сезонных вариаций показал аналогичную картину (рис. 5). Наблюдается схожая годовая динамика и уменьшение частоты на 0,1 Гц в данных, полученных на станции Holister. Из сравнения графиков на рис. 5 видно, что в зимние месяцы наблюдаются максимальные значения, а в летние – минимальные.

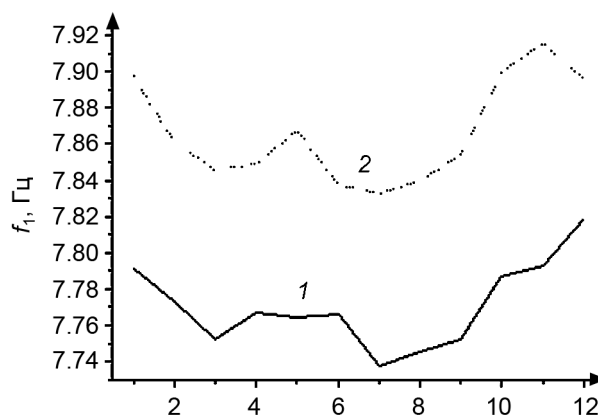


Рис. 5. Сезонные вариации частоты первой моды ШР на станциях Holister (кр. 1) и Томск (кр. 2)

Для более детального анализа были построены сезонно-суточные вариации частоты первой моды ШР. В связи с тем, что мониторинг в Томске начался с 1997 г., а в Калифорнии – с 1996 г., то сравнение данных, полученных в результате мониторинга, проводилось за период с 1997 по 2005 г. Для этого все данные были приведены к томскому летнему декретному времени (LT = UT+7 ч), а затем усреднялись для каждого часа, каждого месяца. Таким образом, было получено 24 значения для каждого месяца. В результате было построено сезонно-суточное распределение частоты первой моды ШР (f_1). Максимальные значения частот на рис. 6 представлены белым цветом, а минимальные – черным. При сравнении графиков наблюдается ряд различий, связанных, по-видимому, с региональными особенностями, но в целом основные закономерности проявляются на рис. 6, а и б одинаково. Максимальные значения наблюдаются зимой в ночное время (примерно 2 часа), а минимальные днем (с 8–12 часов).

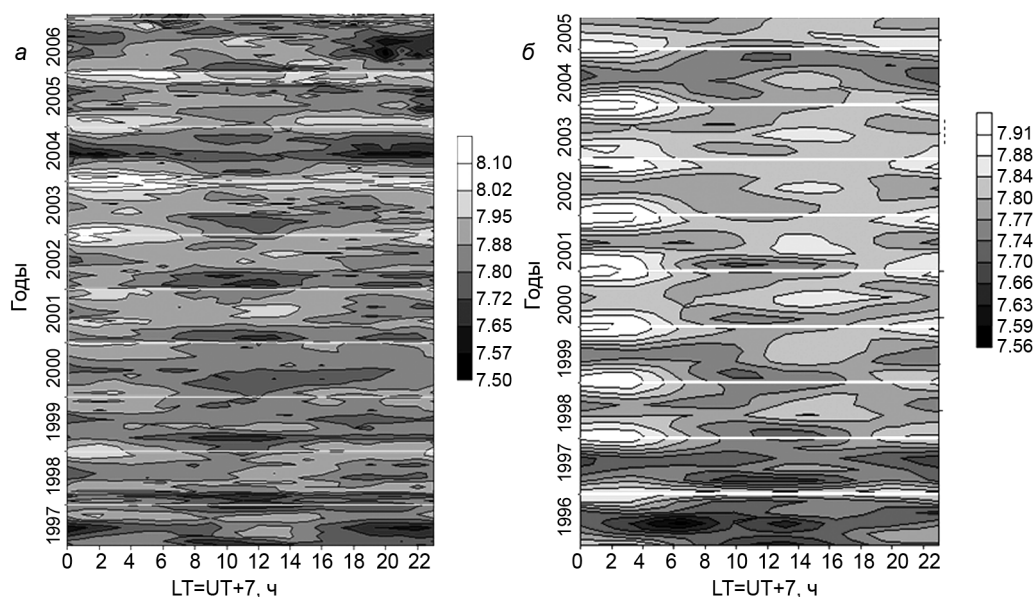


Рис. 6. Сезонно-суточное распределение частоты первой моды ШР на станциях: а – Томск; б – Holister

Заключение

В результате показано, что максимальные значения амплитуд в трех разных пунктах приходятся на одно и то же местное время, и имеют схожие суточные распределения.

Сравнение частот показало, что наблюдаются схожие сезонно-суточные закономерности, если привести данные к одному времени. Частоты первой моды ШР, зарегистрированные в Томске, на 0,1 Гц выше, чем на станции Holister.

Таким образом, динамика частот не зависит от долготы, а одинаковая по всей Земле, т.е. частоты зависят не от источников, а только от характеристик самого резонатора (ионосферы), тогда как амплитуды зависят от местного времени или от пространственно-временного распределения источников ШР (грозовых центров) на Земле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schumann W. O. // Z. Naturforsch. – 1952. – Bd. 7a. – S. 149–154.
2. Schumann W. O. // Z. Angew. Phys. – 1957. – Bd. 9. – S. 373–378.
3. Побаченко С.В., Колесник А.Г., Бородин А.С., Калюжин В.В. // Биофизика. – 2006. – Т. 51. – № 5. – С. 534–538.
4. Побаченко С.В. // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – № 297. – С. 165–168.
5. Кобрин М.М. // Солнечные данные 1981 г. Бюллетень № 12. – Л.: Наука, 1982. – С. 86–90.
6. Региональный мониторинг атмосферы. Ч. III. Уникальные измерительные комплексы / под ред. М.В. Кабанова. – Новосибирск: СО РАН, 1998. – 238 с.
7. Balser M. and Wagner C. A. // J. Geophys. Res. – 1962. – V. 67. – P. 619–625.
8. Деревянных А.А., Колесник А.Г., Колесник С.А. // Изв. вузов. Физика. – 2010. – Т. 53. – № 9/3. – С. 266–267.
9. Satori G. and Zieger B. // J. Geophys. Res. – 1996. – V. 101. – P. 29,663–29,669.
10. Корнилов И.А., Корнилов О.И. // Геомагнетизм и аэрономия. – 2005. – Т. 45. – № 5. – С. 666–671.

Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск, Россия
E-mail: serkol@mail.tsu.ru

Поступила в редакцию 15.06.12.