

УДК 621.317.361.029.55

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

А.А. Ковалев, С.А. Колесник, А.А. Колмаков

REGULARITY OF CHANGES OF THE LEVEL OF ELECTROMAGNETIC HUM IN HF-RANGE IN SIBERIAN REGION

A.A. Kovalev, S.A. Kolesnik, A.A. Kolmakov

Работа посвящена исследованию сезонно-суточных закономерностей изменения уровня электромагнитного фона высокочастотного диапазона в Сибирском регионе, создаваемого глобальной сетью высокочастотных радиовещательных станций. Особое внимание уделено анализу особенностей электромагнитного фона ВЧ-диапазона во время солнечного затмения 29 марта 2006 г. в Томске. Выявлено отклонение уровня электромагнитного фона во время затмения от типичного суточного хода. Во время солнечного затмения уровень электромагнитного фона на частотах порядка 15 МГц уменьшается на 6 дБ. На частотах порядка 1 МГц наблюдается противоположный эффект – уровень электромагнитного фона возрастает на 3 дБ.

The work is devoted to researching of season-daily regularity of the changes of the level of electromagnetic hum in HF range in Siberian region which provides by global net of HF range radio stations. The special attention is focused at the analysis of the feature of HF range electromagnetic hum at the period of the solar eclipse 29 of March 2006 in Tomsk. Was founded the differs of the level of electromagnetic hum from its typical daily variations. In the period of the solar eclipse the level of electromagnetic hum in range 15 MHz is decrease by 6 dB. At the frequencies near 1 MHz the opposite effect is observed – the level of electromagnetic hum is increased by 3 dB.

Введение

Уровень электромагнитного фона в каждой точке земной поверхности является результатом интерференции радиоволн, пришедших от различных источников. Основными источниками ЭМ (электромагнитных) излучений являются: источники природного происхождения, а также антропогенные источники (мировая сеть радиовещательных станций, радиолокационные станции, другие техногенные источники). В ВЧ (высокочастотном) диапазоне суммарная мощность излучения радиовещательных станций существенно превосходит суммарную мощность излучения других источников (составляет примерно 20 ГВт).

Для радиоволн ВЧ-диапазона характерно многократное распространение, происходящее в волноводной структуре Земля–ионосфера [1]. Верхняя граница – ионосфера – претерпевает существенные изменения в зависимости от времени суток, сезона года, цикла солнечной активности и в конечном счете определяет уровень сигнала, регистрируемого в точке приема.

Целью проводимых исследований является установление характера изменений уровня ЭМ-фона ВЧ-диапазона в Сибирском регионе во время солнечного затмения.

Постановка и решение задачи

Исследования, проводимые в режиме круглосуточного непрерывного мониторинга в ТомГУ на базе кафедры космической физики и экологии, позволили определить основные закономерности изменения уровня ЭМ-фона ВЧ-диапазона в зависимости от времени суток и сезона года, характерные для Сибирского региона [2]. Как правило, в любое время года в диапазоне частот 1–7 МГц максимум интенсивности принимаемых радиосигналов приходится на ночные часы, а минимальные значения интенсивности регистрируются в освещенное время суток. При увели-

чении длительности освещенного времени суток (от зимы к лету) интервал минимальных значений плотности потока мощности возрастает.

Уменьшение уровня ЭМ-фона в дневные часы связано с увеличением поглощения радиоволн в слое D днем и маневром по частоте различных служб, использующих ионосферное распространение радиоволн. В ночное время в диапазоне частот 1–7 МГц распространение происходит и земным лучом, и за счет отражений от ионосферы. В результате их взаимодействия поле в точке приема не остается постоянным, а изменяется во времени. Это проявляется в увеличении амплитуды и сильной изменчивости поля. Колебания напряженности поля возникают вследствие интерференции нескольких волн, пришедших к месту приема по разным путям. Фаза и амплитуда этих составляющих неустойчивы во времени из-за нерегулярных изменений, происходящих в ионосфере. Наряду с изменением амплитуды и фазы изменяется также ориентация и отношение полуосей эллипса поляризации.

В зимнее время года интенсивность сигналов на частотах выше 10 МГц имеет ярко выраженный суточный ход с максимумом в дневное время суток и минимумом (в ряде случаев близким к естественному фону) ночью. В дневное время радиосигналы регистрируются на частотах до 25 МГц, распространение которых осуществляется посредством отражения от ионосферной плазмы. В качестве примера на рис. 1 представлено сезонно-суточное распределение показателя δ плотности потока мощности $F=10^8$ Вт / (м²·Гц), экспериментально зарегистрированное в 1997 г., в изолиниях (жирной кривой показано положение терминатора в течение всего года).

В период равноденствия картина суточно-частотного распределения качественно остается такой же, но максимальные значения принимаемых частот понижаются до 18–21 МГц. В ночное время суток интенсивность радиосигналов на частотах вы-

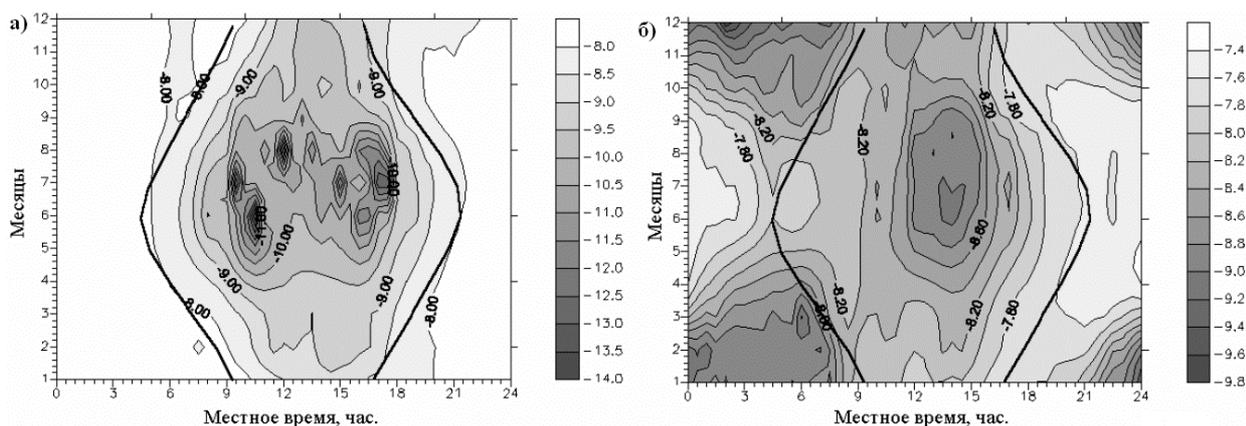


Рис. 1. Сезонно-суточное изменение распределения показателя δ плотности потока мощности $F=10^6$ Вт / (м²·Гц) для 1997 г.: в полосе частот 5000÷6000 кГц (а); в полосе частот 11500÷12500 кГц (б).

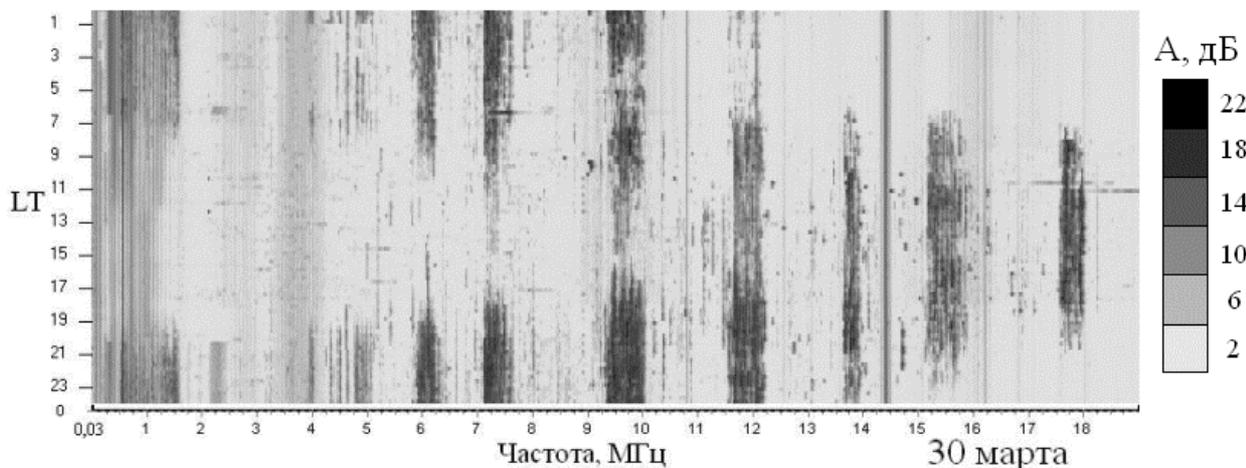


Рис. 2. Суточные изменения уровня ЭМ-фона в полосе частот от 30 кГц до 18995 кГц.

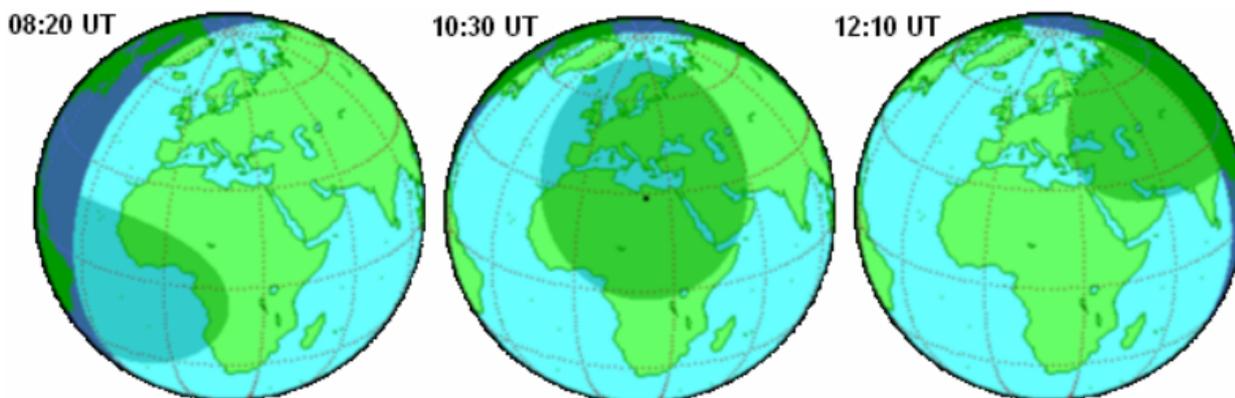


Рис. 3. Ход лунной тени по поверхности Земли 29 марта 2006 г.

ше 18 МГц незначительно превосходит естественный фон только в предвосходные часы (4–6 LT). Наиболее слабо суточно-частотный ход выражен в летнее время, когда практически в любое время суток регистрируются радиосигналы на частотах до 18 МГц, и только в послеполуденные часы регистрируется повышение уровня электромагнитного фона на частотах до 21 МГц. В это же время года на частотах 10–12 МГц в дневные часы наблюдается минимум интенсивности, связанный с ионосферным поглощением радиоволн.

В данной работе для определения уровня ЭМ-фона приемным устройством IC–R75 регистрирова-

лось напряжение на выходе штыревой антенны (с высотой 5 м), соответствующее вертикальной составляющей электрической компоненты электромагнитного поля, значение которого фиксировалось ПК. Приемное устройство производило последовательную перестройку по частоте от 30 кГц до 18995 кГц с шагом 5 кГц. На одно сканирование заданного диапазона отводилось 15 мин.

Типичные суточные изменения уровня ЭМ-фона для марта в заданном диапазоне приведены на рис. 2. Черному цвету соответствует уровень сигнала, равный 22 дБ, светло-серому – ~2 дБ. Полученные изменения уровня ЭМ-фона хорошо согласуются с ранее

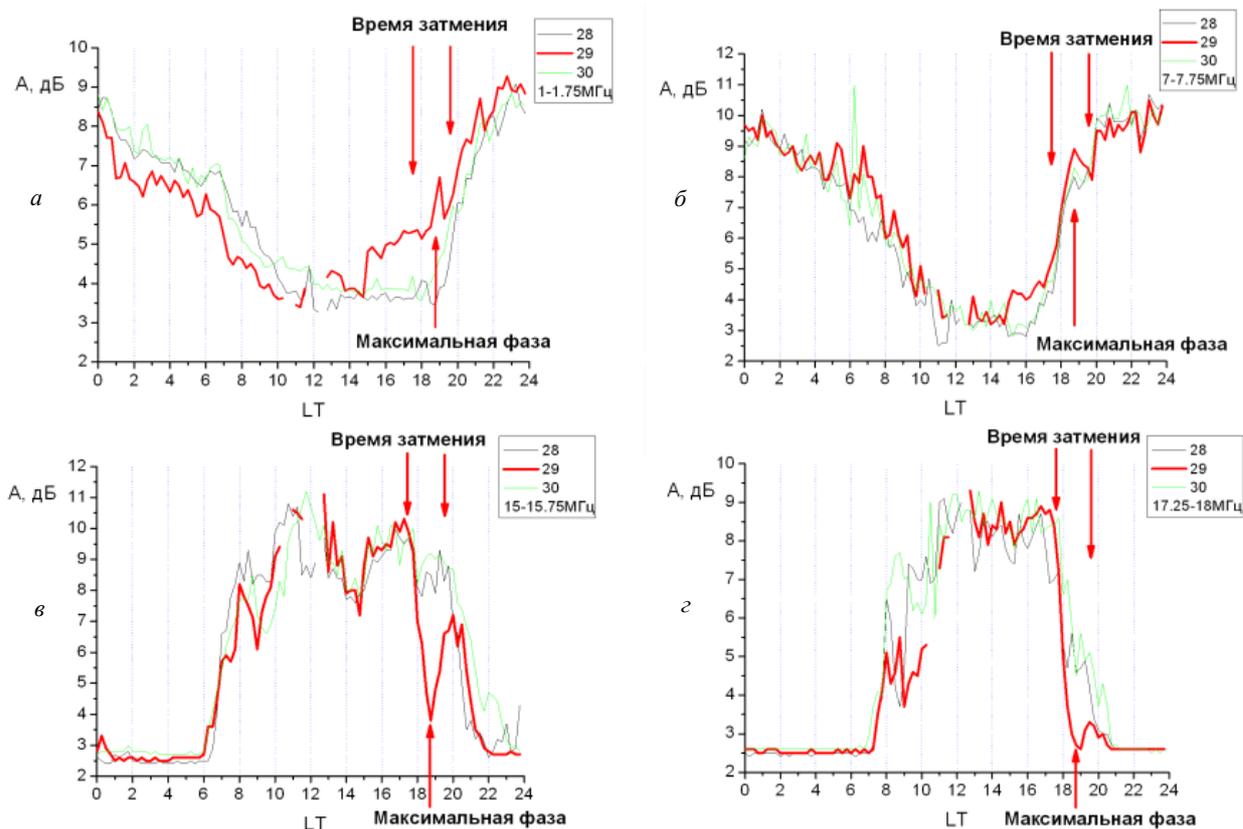


Рис. 4. Суточное изменение уровня ЭМ-фона 28, 29 и 30 марта 2006 г. в полосах частот: 1000÷1750 кГц (а); 7000÷7750 кГц (б); 15000÷15750 кГц (в); 17250÷18000 кГц (г).

полученными результатами: для нижней части ВЧ-диапазона (менее 10000 кГц) максимальные значения уровня ЭМ-фона наблюдаются в ночные часы, минимальные в дневные часы, для верхней части ВЧ-диапазона имеет место обратная тенденция.

Известно, что такое явление, как солнечное затмение, способно оказывать существенное влияние на ионосферную плазму и, как следствие, на процессы формирования ЭМ-фона. Солнечное затмение 29 марта 2006 г. началось в 7:35 UT над Атлантическим океаном и закончилось в 12:50 UT в восточной части Евразии. Ход лунной тени по поверхности Земли по данным NASA (<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse>) представлен на рис. 3. Максимальная фаза наблюдаемого солнечного затмения в Томске соответствует 18:42 LT (LT=UT+7 ч).

На рис. 4 представлены результаты измерений уровня ЭМ-фона в различных частях ВЧ-диапазона в день затмения и контрольные дни (28 и 30 марта 2006 г.).

В Томске во время максимальной фазы затмения на частотах вблизи 1000 и 7000 кГц (рис. 4, а, б) наблюдается повышение уровня ЭМ-фона. Также отмечено достаточно резкое повышение уровня фона во всей нижней части ВЧ-диапазона вплоть до ~8000 кГц, которое имеет четкие границы появления и исчезновения с 15:00 до 19:00 LT (данный эффект пока не удалось связать непосредственно с солнечным затмением). На рис. 4, в, г представлено понижение уровня ЭМ-фона во время солнечного затмения

на частотах вблизи 15000 и 18000 кГц, которое составило соответственно ~6 дБ и ~3 дБ.

Полученные результаты свидетельствуют, что формирование ЭМ-фона ВЧ-диапазона происходит за счет излучений мировой сети радиовещательных станций. Прочие источники вносят существенно меньший вклад в формирование фона, который проявляется преимущественно локально (вблизи этих источников).

Заключение

Таким образом, солнечное затмение оказывает существенное влияние на распространение радиоволн ВЧ-диапазона, в результате чего происходит изменение уровня электромагнитного фона. Причем в Томске во время солнечного затмения 29 марта 2006 г. в нижней части ВЧ-диапазона наблюдалось увеличение уровня электромагнитного фона в среднем на 3 дБ, в верхней – уменьшение на 6 дБ, что обусловлено переходом от дневных условий распространения радиоволн к ночным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Керблай Т.С., Ковалевская Е.М. О траекториях коротких радиоволн в ионосфере. М.: Наука, 1974. 160 с.
2. Колесник С.А., Колмаков А.А., Шинкевич Б.М. Электромагнитный фон высокочастотного и среднечастотного диапазона в западной Сибири // Электронный журнал «Исследовано в России». 2002. № 18. С. 192–201. Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relam.ru/articles/2002/018.pdf>.

