

**АНОМАЛИИ ЕСТЕСТВЕННОГО КНЧ-ОНЧ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЕРИОДЫ
СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ**
**ANOMALY OF NATURAL ULF-VLF WAVE BAND EMISSION AT SOLAR
ECLIPSES TIME**

Дружин Г.И., Исаев А.Ю., Уваров В.Н.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Analysis of eclipse effects on the level of ELF-VLF natural emissions are accomplished. It is shown the anomaly of the emission at eclipse time are connected with changing of condition of propagation of the signals from global thunderous centers.

Солнечное затмение – одно из наиболее известных астрономических явлений, имеет разнообразные геофизические проявления, ряд которых остается и по настоящее время не изучен полностью. Одна из таких проблем – это воздействие затмения на естественное электромагнитное излучение КНЧ–ОНЧ диапазона, которой посвящена настоящая работа. Состояние естественного электромагнитного поля в точке наблюдения определяется двумя факторами — активностью источников излучения и условиями распространения. По существующим в настоящее время представлениям источниками естественного излучения этого диапазона являются процессы, происходящие в ионосферно-магнитосферной плазме, в литосфере, а также грозы, которые преимущественно сосредоточены в приэкваториальных районах (Азиатский, Африканский и Американский центры грозовой активности). Поскольку все параметры затмения (время, структура тени и полутени, траектория и скорость движения) достаточно хорошо известны, солнечное затмение представляет собой прекрасно поставленный природой геофизический эксперимент с контролируемым воздействием. Ниже представлен анализ данных затмений, позволивший выявить дополнительные эффекты. Поскольку лунная тень может проходить через трассу распространения радиоволн, то в период пересечения трассы лунной тенью можно наблюдать эффекты, связанные с солнечным затмением [1-4]. Целью этой работы является выявление новых эффектов, появляющихся при приеме естественных электромагнитных излучений в КНЧ–ОНЧ диапазоне в периоды солнечных затмений.

Ранее в работе [4] было рассмотрено влияние солнечного затмения 1 августа 2008 г. на уровень сигналов естественного электромагнитного излучения в КНЧ–ОНЧ диапазоне, одновременно наблюдаемых на Камчатке и в Якутске. Эти наблюдения показали наличие бухтообразного повышения интенсивности принимаемого излучения во время затмения с последующим его понижением до фонового уровня. В Якутске этот эффект имел место в диапазоне частот от 0.6 до 5.6 кГц, а на Камчатке – на нижних (30–200 Гц) и верхних (2.5–11 кГц) частотах. При этом максимум интенсивности шумового излучения на нижних частотах наблюдался в период времени, когда лунная тень подходила ближе всего к пункту регистрации. На верхних частотах максимум в излучении в обоих пунктах наблюдался одновременно (в 11:00 UT), но с запаздыванием относительно максимума на нижних частотах. Пример записи электромагнитного излучения в период затмения 1 августа 2008 г. показан на рис. 1.

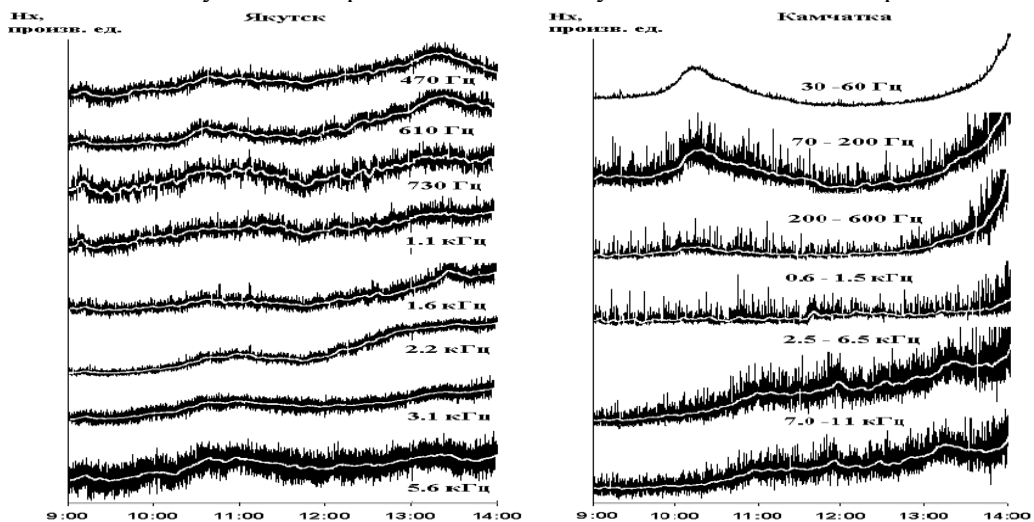


Рис. 1. Фрагмент записи КНЧ–ОНЧ сигналов в Якутске и на Камчатке в период солнечного затмения 1 августа 2008 г. в различных частотных диапазонах. Внизу горизонтальной линией показан временной отрезок, в течение которого лунная тень находилась на поверхности Земли.

Было также показано [4], что максимум излучений в Якутске и на Камчатке на близких частотах наблюдался во время, когда лунная тень находилась на минимальном расстоянии от пункта регистрации. На основе данных, полученных в двух пунктах, можно определить расстояния от пунктов наблюдения до лунной тени, азимуты лунной тени, расстояние между пунктами наблюдения, расстояния до источника излучения и его местоположение [4]. На Камчатке имелась возможность сравнивать временные зависимости вертикальной электрической E_z и горизонтальных магнитных компонент H_x (прием излучений с направления запад-восток) и H_y (прием излучений с направления север-юг) принимаемого в период затмения излучения в различных частотных диапазонах (рис. 2). Видно, что на частотах 70–200 Гц эффект в виде бухтообразного повышения интенсивности проявился только в H_x компоненте. На частотах 7–11 кГц влияние затмения проявилось в виде небольшого повышения интенсивности в E_z и H_x компонентах, при отсутствии эффекта в компоненте H_y .

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что средние значения шумовой составляющей компонент H_x и H_y диапазоне частот 70–200 Гц (на рисунке в виде белой линии) приблизительно одинаковы и бухтообразное возмущение во время затмения наблюдалось только по компоненте H_x . Это означает, что доля принимаемого излучения возмущения с направления восток–запад значительно возросла. Кроме того, относительный уровень электрической компоненты (E_z) в период затмения превышал относительный уровень магнитных компонент. Это обстоятельство может быть объяснено наличием дополнительного источника, расположенного в ближней зоне приема.

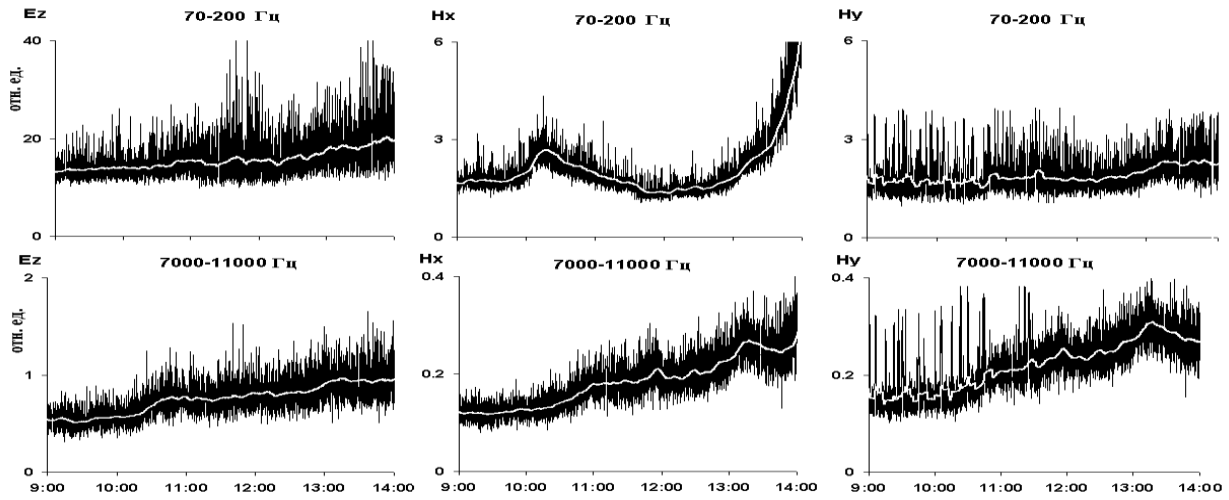


Рис.2. Вариации различных компонент электромагнитного поля на Камчатке в период солнечного затмения 1 августа 2008 г. Горизонтальными линиями обозначено время лунной тени.

Отметим, что затмение 1 августа 2008 г. началось в 9:20:57 UT, когда тень от Луны коснулась Земли в северных областях Канады, где в это время наступает утро. Затем лунная тень миновала Гренландию, пересекла Северный Ледовитый океан, Западную Сибирь, Алтай, прошла по границе между Монголией и Китаем и покинула земную поверхность в центральном Китае в 11:21:21 UT, где в этот момент наблюдался заход Солнца. Путь длиной более $10.5 \cdot 10^3$ км тень преодолела за два часа, двигаясь со средней скоростью около 1.4 км/с [<http://www.eclipse-2008.ru/eclipse.php>]. Доминирующим источником излучения в период затмения являлся Африканский грозовой центр [5]. Поэтому можно полагать, что описанные выше эффекты в ОНЧ-излучении обусловлены пересечением лунной тенью трассы распространения сигналов от этого мирового очага. **Уменьшение величины ионизации, вызванной уменьшением светового потока, привело к повышению высоты отражающего слоя ионосферы, что, в свою очередь, привело к увеличению области сечения зоны Френеля, ответственной за распространение, траекторией лунной тени.**

Солнечное затмение двадцать 26 января 2009 года началось южнее Африки в Атлантическом океане, перешло в Индийский, пересекло его с юго-запада на северо-восток, завершилось в Индонезии. Максимум затмения достигло в точке с координатами 34.1° южной широты, 70.2° восточной долготы, длилось в максимуме 7 минут 54 секунды, а ширина лунной тени на земной поверхности составляла 280 километров. Динамическое мировое время в момент

наибольшего затмения: 07:59:45 [http://www.secl.ru/eclipse_catalog/2009_1_26.html]. В этом случае лунная тень охватила значительную территорию Азиатского грозового очага.

На рис. 3 показаны выполненные на Камчатке, в экспедиционном пункте «Карымшина», записи магнитной компоненты поля 25, 26 и 27 января 2009 г. в диапазоне частот 7 – 11 кГц на рамочные антенны север – юг (N-S, в левой части рис. 3) и запад-восток (W-E, в правой части рис. 3). Из этого рисунка видно, что за сутки до солнечного затмения максимум излучения наблюдался в 8 ч UT, в день затмения он приходился на 10 ч, а на следующие сутки – снова наблюдался в ≈ 8 ч. Причем вариации сигнала, принятые антенной с направления N-S, во многом подобны принятым с направления W-E.

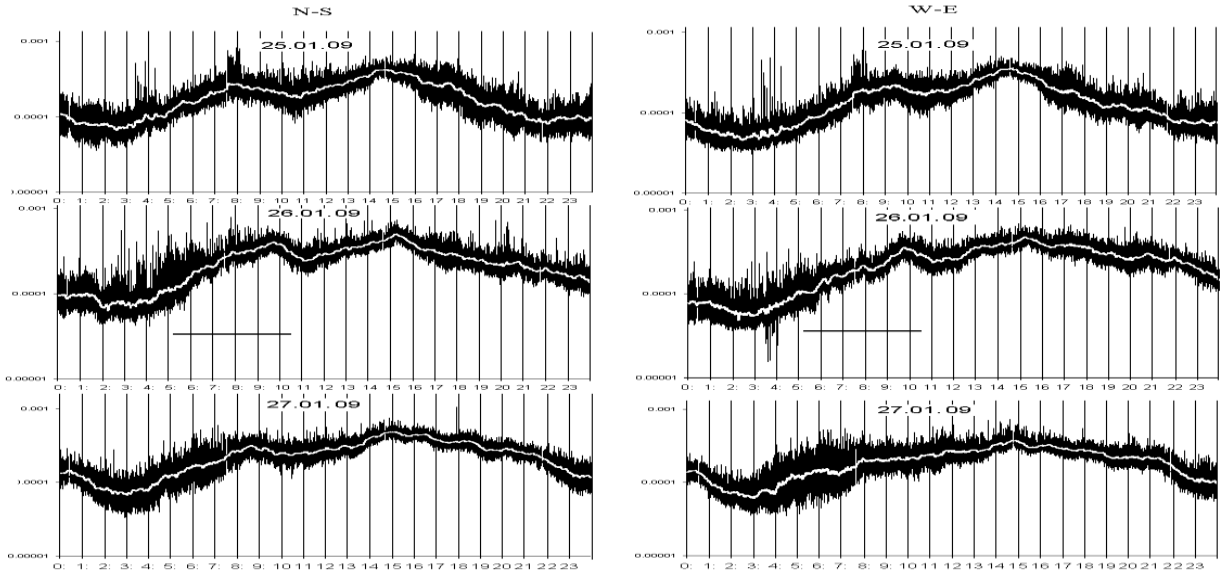


Рис. 3. Фрагмент записи ОНЧ сигналов на Камчатке в период солнечного затмения 26 января 2009 г. В верхних панелях показаны вариации сигналов за сутки до затмения, в нижних — спустя сутки после затмения. Горизонтальной линией показан временной отрезок, в течение которого лунная тень находилась на поверхности Земли.

Такое поведение максимума принимаемого излучения может быть обусловлено следующими причинами. Во-первых, смещением центра тяжести эффективного источника излучения, вызванного изменением в распределении грозовых источников в очаге. Во-вторых, изменением в условиях распространения сигнала за счет влияния лунной тени. Вполне возможно, что имели место оба эти фактора, но учитывая, что после затмения максимум в излучении наблюдался практически в то же время, что и до затмения, можно утверждать, что в данном случае влияние лунной тени на временное смещение максимума было преобладающим.

Если принять, что источниками электромагнитного излучения являются мировые очаги гроз [5], то характер изменения амплитуды принимаемого излучения, показанный на рис. 3, можно объяснить следующим. В период воздействия затмения доминирующее излучение происходило от источника, находящегося в Юго – Восточной Азии. В начале затмения (~ 5 ч UT) источник имел небольшую мощность, которая затем увеличилась и достигла максимума в 8 ч UT. Когда лунная тень оказалась на пути трассы распространения сигнала (грозовой очаг – Камчатка), условия распространения улучшились и амплитуда принимаемого излучения возросла. Заметим, что в ~ 10 ч UT лунная тень находилась в районе Индонезии, где обычно наблюдается значительная грозовая активность [http://wwln.net/TOGA_network_global_maps.htm]. Подобное усиление излучений (в среднем в 3–4 раза) наблюдалось ранее, во время затмения 9 марта 1997 г., на частотах от 4 до 9 кГц, при приеме сигналов в Якутске с западного и юго-западного направлений [Муллаяров и др., 1999].

Таким образом, в период солнечных затмений 1 августа 2008 г. и 26 января 2009 г. наблюдалось повышение амплитуды принимаемого на Камчатке естественного электромагнитного излучения в ОНЧ диапазоне, по сравнению с фоновым уровнем. Повышение уровня излучения было обусловлено изменениями в условиях прохождения сигналов от мировых очагов гроз: 1 августа 2008 г. от Африканского грозового очага, а 26 января 2009 г. – от очага Юго-Восточной Азии. На основе данных, полученных во время затмения в двух пунктах наблюдения, можно определить расстояние до источника излучения и его местоположение.

Литература

1. Беликович В.В., Вяхирев В.Д., Калинина Е.Е., Терещенко В.Д., Черняков С.М., Терещенко В.А. Отклик ионосферы на частное солнечное затмение 29 марта 2006 г. по наблюдениям в Н.Новгороде и Мурманске // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 48. № 1. С. 103–108. 2008.
2. Каримов Р.Р., Козлов В.И., Муллаяров В.А. Особенности вариаций характеристик ОНЧ-сигналов при прохождении лунной тени по трассе в период солнечного затмения 29 марта 2006 г. // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 48. № 2. С. 250–254. 2008.
3. Муллаяров В.А., Козлов В.И., Вальков С.П. Наблюдения ОНЧ-шумов и сигналов радиостанций в период солнечного затмения 9 марта 1997 г. // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 39. № 1. С. 110–114.
4. Дружин Г. И., Уваров В. Н., Муллаяров В. А., Козлов В. И., Корсаков А. А. Одновременные наблюдения на Камчатке и в Якутии естественного электромагнитного излучения в КНЧ–ОНЧ диапазоне в период солнечного затмения 1 августа 2008 г. // Геомагнетизм и аэрономия, 2010, Т.50, №2. С.220-227.
5. Дружин Г.И., Торопчинова Т.В., Шапаев В.И. Регулярный шумовой фон в ОНЧ-излучении и мировые очаги гроз // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 26. № 2. С. 258–268. 1986.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНЕТАРНЫХ ВОЛН В СТРАТО- И ТРОПОСФЕРЕ ПОД
ВЛИЯНИЕМ ФЛУКТУАЦИЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ВСЛЕДСТВИЕ
ВРАЩЕНИЯ СОЛНЦА
MODULATION OF PLANETARY WAVES IN THE STRATO- AND TROPOSPHERE BY
SOLAR ACTIVITY FLUCTUATIONS DUE TO SOLAR ROTATION**

A. Ebel

Institute for Environmental Research at the University of Cologne (RIU), Germany,
eb@eurad.unikeoln.de

Из спутниковых наблюдений хорошо известно, что солнечные пятна на вращающемся солнце вызывают периодические колебания стратосферного озона и температуры. Наиболее заметные периоды атмосферных возмущений соответствуют планетарным волнам (ПВ), указывающим на модуляцию волн солнечной активностью. Этот эффект также существует в поле давления волн. Это открытие подтверждает гипотезу, что планетарные волны переносят солнечные возмущения, индуцированные в средней атмосфере, вниз в нижнюю атмосферу. Измерены возмущения, связанные с солнечным вращением, и обсуждаются возможные механизмы распространения возмущений вниз в ПВ, направленных вверх.

1 Introduction

Besides the possible impact of the solar sunspot cycle on climate and weather the modulation of atmospheric processes by solar emission fluctuations due to the rotation of the sun is a prominent issue of studies of the impact of solar variability on the atmosphere. Though solar rotation effects are considered to be less efficient than solar cycle effects, they are nevertheless an important feature to be studied for mainly two reasons. Firstly, the rotation period of 27.3 days is short enough for statistical analyses of atmospheric time series where tests of significance have to be performed. Secondly, rotationally induced fluctuations of solar activity exhibit spectral maxima near 27 days and its first two higher harmonics and correspond thus to prominent periodicities of the planetary wave spectrum. This fact suggests itself that planetary waves with periods of about 27 days and less might be sensitive to solar activity fluctuations due to solar rotation and that their investigation might provide clues to the controversially debated mechanisms of sun weather relationships. It has also been speculated that the solar cycle impact on climate might be governed by planetary wave modulation which is itself modulated by the solar cycle [1].

Responses of stratospheric ozone and temperature to solar radiation changes resulting from the sun's rotation have been studied by several authors after reliable satellite observations became available (e.g. [2 - 8, 13]). As a consequence one may speculate that such perturbations affect the dynamical behaviour of the stratosphere and that this should be visible in the variability of the meteorological parameters characterising the temporally changing dynamical state of this atmospheric region. Indications that this is the case have been inferred from statistical analysis of radiosonde observations of pressure and temperature [9] even before reliable satellite observations of direct solar ultraviolet radiation impacts became available. Somewhat later the dynamical response of the stratosphere was confirmed by zonal wind observations in the stratosphere [15]. These findings have been provoking a series of extensive statistical analyses of the spatial and temporal structure of the perturbations of the dynamical field in the stratosphere [10, 11]. Furthermore, model studies have been initiated by these analyses with the aim to