

ВАРИАЦИИ ФАЗЫ И АМПЛИТУДЫ СДВ ПОЛЯ ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 9 МАРТА 1997 г.

VARIATIONS OF PHASE AND AMPLITUDE OF ULW FIELD DURING SOLAR ECLIPSE ON MARCH 9, 1997

И.Н. Поддельский, А.И. Поддельский

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Radio observations during a solar eclipse allow to study the ionospheric processes occurring in conditions of fast change of intensity of solar radiation at almost constant zenith corner of the Sun. Some results concerning to an eclipse on March, 9 1997, are discussed in this message.

Известно, что по сравнению с другими методами ионосферное зондирование сверхдлинными радиоволнами (СДВ) оказывается наиболее чувствительным к вариациям ионизации в самых нижних слоях ионосферы. Явления в ионосфере, происходящие во время солнечного затмения представляются наиболее подходящими для анализа процессов формирования состава нейтральной атмосферы, температурного профиля и концентраций заряженных частиц, поскольку в большей степени исключаются другие различные факторы воздействия на параметры СДВ-сигнала. Поэтому представляется интересным изменение амплитудных и фазовых характеристик СДВ-сигналов в зависимости от условий освещенности трассы распространения в период солнечного затмения. Для анализа использованы результаты регистрации сигналов радионавигационной системы «Омега» в приемном пункте п. Стекольный (вблизи Магадана, 60° N, 151°E) в диапазоне частот 10,2 – 13,6 кГц в марте 1997 года, в том числе во время полного (более 90% закрытия солнечного диска) солнечного затмения 9 марта, отличительной особенностью которого был охват широкой материковой области сибирской части России. При этом полоса лунной тени перемещалась от средних широт до полярных областей в течении около полутора часов и пересекла 5 часовых поясов с запада на восток. Геометрия эксперимента приведена на рис.1, где указаны

Total Solar Eclipse of 1997 Mar 9

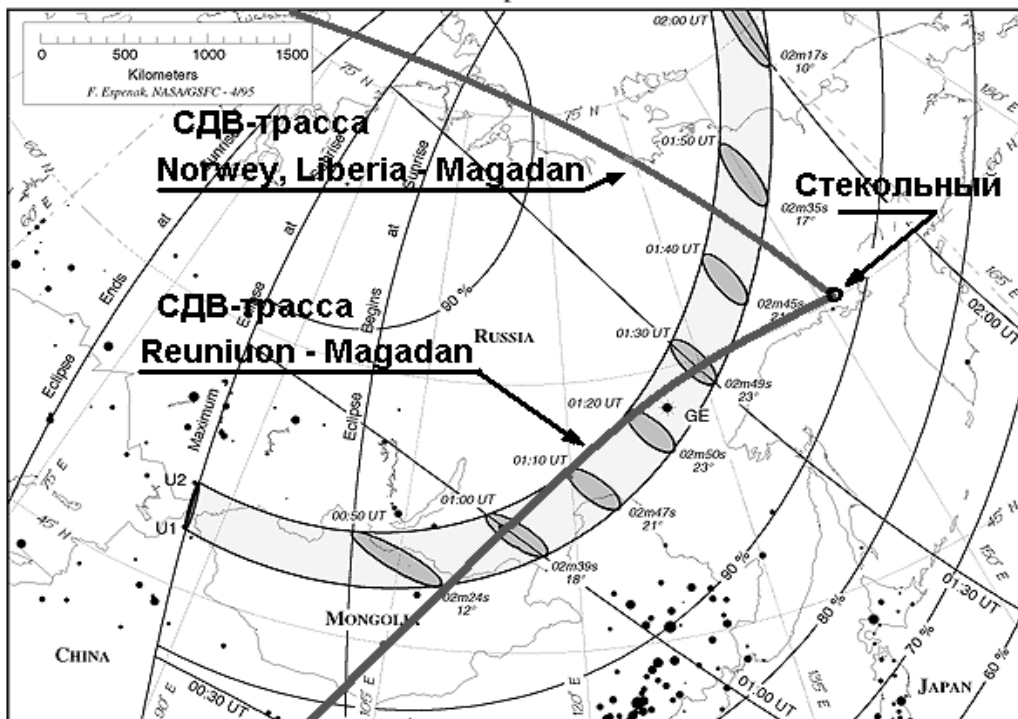


Рис.1. Местоположение приемного пункта (п. Стекольный), проекции траекторий радиотрасс (фрагменты) и границ движения полной фазы солнечного затмения (СЗ) на земную поверхность.

местоположение приемного пункта (п. Стекольный), проекции траекторий радиотрасс (фрагменты) и границ движения полной фазы солнечного затмения (СЗ) на земную поверхность. Полоса полной тени на земной поверхности начиналась на границе КНР и России и проходила далее по территориям Монголии и России вблизи городов Чита (полное затмение), Иркутск, Улан-Удэ, Улан-Батор. Наибольшая ширина полосы полной тени на поверхности земли достигала около 380 км, скорость ее перемещения составляла 0.7-1.0 км/сек. На высотах распространения СДВ радиоволн область полной тени пролегла несколько южнее. Геофизическая обстановка в дни наблюдений характеризовалась низкой солнечной активностью и спокойной геомагнитной обстановкой (несколько повышенной в предшествующий солнечному затмению день 8 марта). Эффекты СЗ наблюдались в восходный период и полуденное время. Измерения параметров СДВ поля проводилось на компьютеризированном приемно-регистрирующем комплексе. Усредненные за минуту значения амплитуды и фазы сигнала регистрировались и автоматически обрабатывались. Аппаратурная погрешность измерения фазы составляла 0,05 мкс, амплитуды не более 1%. Наблюдения велись одновременно на восьми трассах на всех излучаемых частотах. Для рассмотрения указанного явления были взяты СДВ-трассы Норвегия-Магадан (длина трассы-6040 км), Либерия-Магадан (12200 км) и Реюньон-Магадан (12300 км), траектории которых проходили через зону солнечного затмения. Трасса Реюньон-Магадан характеризуется совпадением с направлением перемещения полосы полной тени, т.е. распространение СДВ-сигнала происходило вдоль движения границ СЗ. Трассы Норвегия-Магадан и Либерия-Магадан располагались поперек движения границ солнечного затмения. Такое расположение СДВ-трасс привело к тому, что полное солнечное затмение на трассе Реюньон-Магадан наблюдалась в течении 45 минут (с 00:50 до 01:35 UT), а на двух других только в течении нескольких минут, зато скорость перемещения тени на этих трассах была максимальной. Таким образом, условия распространения СДВ-сигналов на различных трассах сильно отличались друг от друга. На рис.2 представлены результаты измерений вариации фазы и относительное изменение амплитуды СДВ радиосигналов для различных частот на разных по направлению и протяженности трассах. На первых двух трассах (Норвегия-Магадан, 6000 км и Либерия-Магадан, 12000 км), расположенных поперек движения границ солнечного затмения на поверхности земли, наблюдалось увеличение фазы, составляющее 40-50 процентов от регулярной суточной вариации. Причем основное изменение приходилось на небольшой период времени с 01:42-01:47 UT, когда пятно полной тени пересекалось с направлением распространения СДВ-волны. Начало увеличения фазы сигнала совпадает с началом закрытия трассы тенью, после прохождения которой, спустя некоторое время, начинается восстановление регулярных фазовых характеристик. На более длинной трассе Либерия-Магадан восстановление обычных параметров несколько затягивается по сравнению с трассой средней протяженности. Небольшое увеличение амплитуды сигнала (до 10-25 % на трассе средней протяженности и до 25-40 % на длинной трассе) начинается за 15-20 минут и заканчивается за 5-10 минут до начала закрытия трассы распространения СДВ-сигнала лунной тенью. Совсем по другому происходят изменения параметров СДВ-поля в случае совпадения направления трассы (Реюньон-Магадан) с направлением перемещения полосы полной тени, т.е. при распространение СДВ-сигнала вдоль движения границ СЗ. В этом случае еще до закрытия трассы лунной тенью сначала происходит двускачковое (увеличение-уменьшение-увеличение) увеличение фазы сигнала на 60-70 % от обычного значения, которое в момент закрытия трассы тенью сменяется резким уменьшением до регулярных значений. После закрытия трассы лунной тенью снова начинается увеличение фазы сигнала, величина которой сохраняется до конца затмения, после чего величина фазы сигнала возвращается к регулярному значению. Аналогичным образом меняется и амплитуда сигнала, сначала наблюдается скачкообразное увеличение на 35-50 процентов (за 25-30 минут до начала закрытия трассы тенью), затем некоторое уменьшение и снова

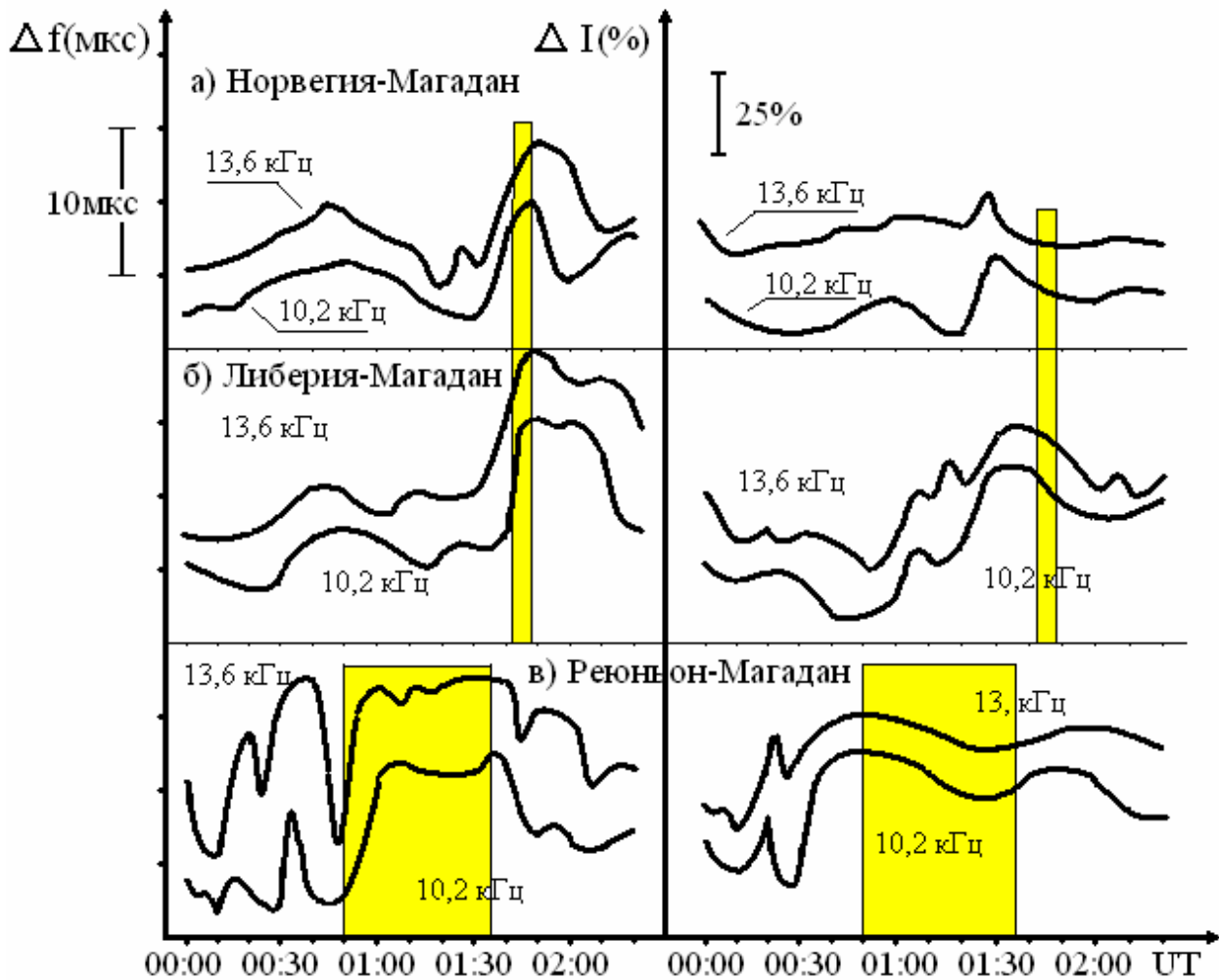


Рис.2. Вариации фазы (Δf) и относительное изменение амплитуды (ΔI) СДВ радиосигналов РНС «Омега» для различных частот на различных по направлению и протяженности трассах. Желтым цветом выделены периоды, когда на указанных трассах наблюдается полное солнечное затмение.

увеличение амплитуды сигнала, значение которой сохраняется до окончания солнечного затмения. На длинных трассах фазовые изменения СДВ-сигнала имеют более сложный характер. При изменениях фазы и амплитуды сигналов имеется определенная частотная зависимость. Низкие частоты более подвержены изменениям фазы и амплитуды сигнала при изменении условий распространения волны.

Радиоволны СДВ диапазона распространяются в сферическом волноводе Земля-ионосфера за счет последовательных отражений от границ волновода. В дневное время суток верхняя граница волновода определяется областью D, в ночное-областью E. При этом в суточном ходе амплитуды и фазы сигнала в переходное время суток и во время солнечного затмения наблюдаются резкие колебания. В среднем отклонения фазы радиосигналов составляют в период затмения 30-35 %, а возрастание амплитуды- 30-40 % суточного хода, причем наблюдается опережение начала роста этих параметров СДВ сигнала относительно времени прохождения полосы полной фазы затмения через эту трассу.