

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН УКВ ДИАПАЗОНА НАД ОКЕАНСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В ПЕРИОД СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ

И. М. Мыценко

*Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова, НАН Украины,
12, ул. Ак. Проскуры, Харьков, 61085, Украина
E-mail: ire@ire.kharkov.ua*

Приведены результаты экспериментальных исследований распространения радиоволн УКВ диапазона над поверхностью Индийского океана в период солнечного затмения (февраль, 1980 г.). Рассмотрены причины возрастания интенсивности сигналов, влияния тропопазузы и инверсионных слоев влаги, как одних из наиболее вероятных. Ил. 2. Библиогр.: 6 назв.

Ключевые слова: распространение, океанская поверхность, затмение.

В период проведения ИРЭ НАН Украины комплексных радиофизических исследований в Индийском океане (февраль, 1980 г.) произошло частичное солнечное затмение. На рис. 1 показан путь движения лунной тени, которая скользила по земной поверхности с Запада на Восток со скоростью порядка 1 км/с, прорезывая узкую (диаметр

лунной тени 270 км), но длинную (до 15000 км) полосу [1]. Внутренние касательные к Солнцу и Луне ограничивают конус полутени с радиусом около 35000 км, откуда видно чистое солнечное затмение. Если Солнце закрывается не полностью, продолжительность затмения может достигать до 2 ч. (рис. 1).

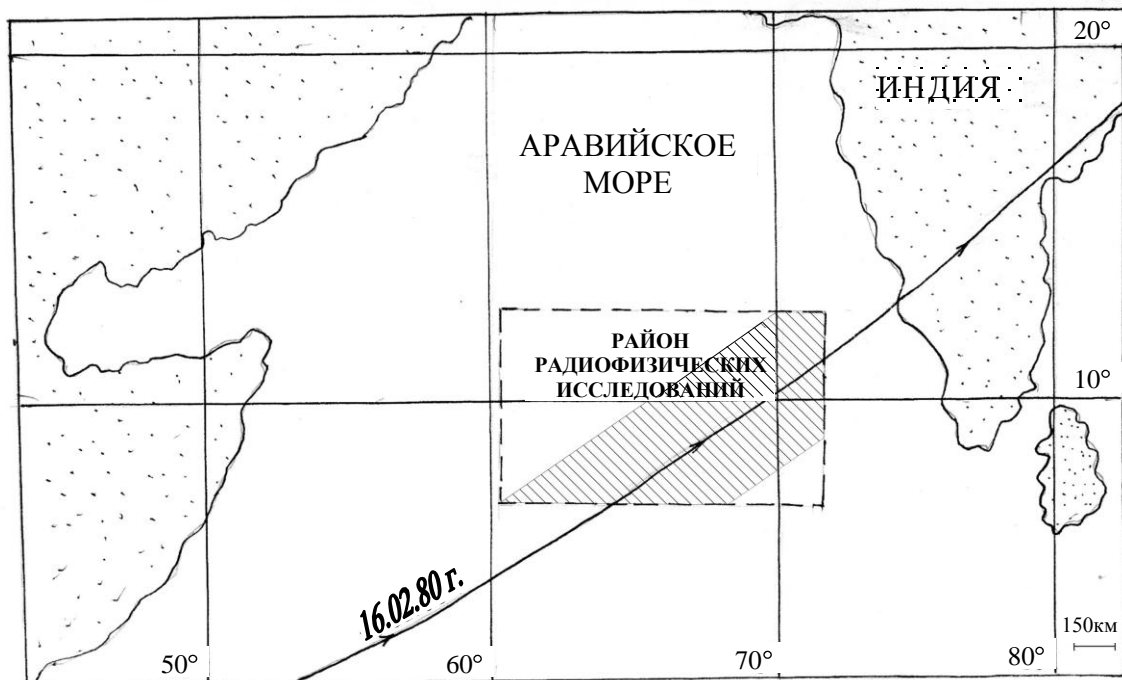


Рис. 1. Путь движения лунной тени в период солнечного затмения 16.02.1980 г.

В измерениях участвовало два судна, на одном из которых размещалась передающая аппаратура, а на другом - приемная. Определялся ряд основных параметров распространения радиоволн - множитель ослабления V и его дистанционная зависимость. Как известно [2],

$$V = 10 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (1)$$

где P_0 - мощность сигнала, которая была бы принята в свободном пространстве; P - мощность сигнала, принятого в реальных условиях.

Сигнал измерялся в четырех диапазонах волн: 3, 10, 50, 200 см. Суда расходились до расстояний, на которых происходила потеря сигналов в шумах. Солнечное затмение началось в дневное время, когда суда находились на рас-

стоянии около 600 км друг от друга. В этом эксперименте аномальные условия распространения радиоволн не наблюдались и при имеющемся энергетическом потенциале системы сигналы были близки к уровням шумов, особенно, в сантиметровых диапазонах. С началом солнечного затмения интенсивность сигналов выросла во всех диапазонах частот (рис. 2). В метровом и

дециметровом диапазонах на 15-20 дБ, а в сантиметровом - ~5 дБ. Были отмечены изменения характера флуктуаций сигналов: появились более глубокие низкочастотные флуктуации. После окончания солнечного затмения с задержкой в ~30 мин сигналы приняли исходные значения и на расстоянии в 750 км были потеряны в шумах приемных устройств.

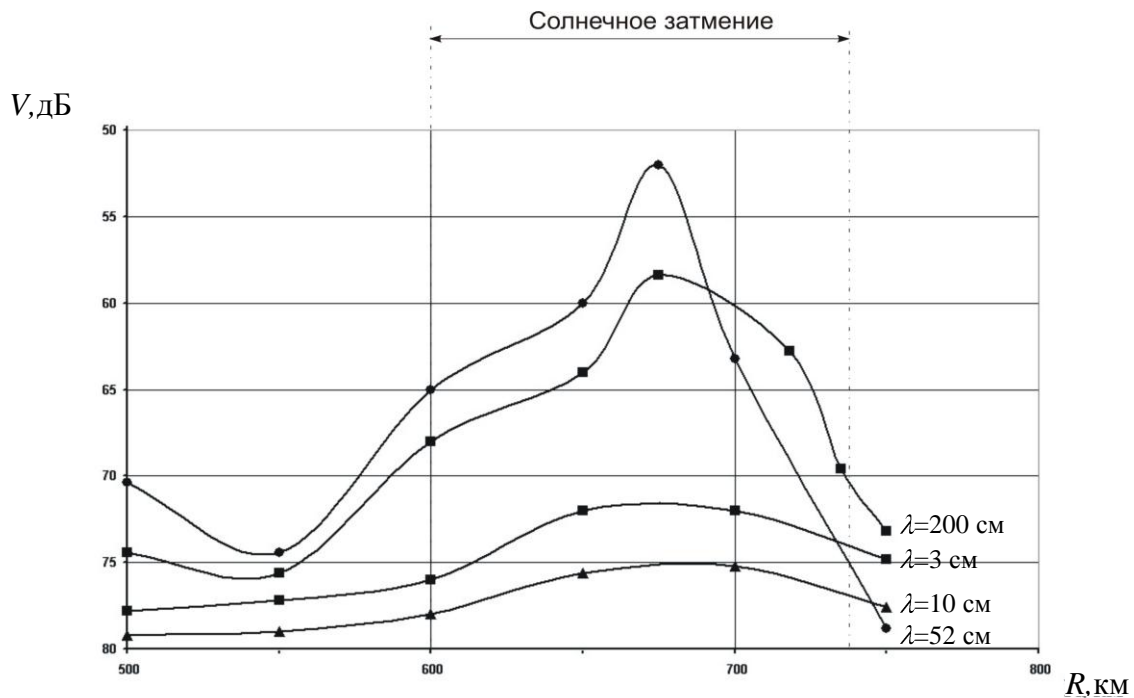


рис. 2. Дистанционные зависимости множителя ослабления $\nu(r)$. Индийский океан, зима, 1980 г.

При загоризонтном распространении радиоволн УКВ диапазона над океанской поверхностью ослабление сигнала зависит от одновременного действия нескольких факторов: регулярной рефракции в тропосфере; дифракции вокруг выпуклой поверхности; отражения от приподнятых инверсных слоев; рассеяния на турбулентностях тропосферы далее тропосферное рассеяние (ДТР) и др. Данные аэрологического зондирования тропосферы, проведенного до начала солнечного затмения, показали отсутствие инверсных слоев и наличия высоких приводных тропосферных волноводов. Таким образом, на расстоянии, равном 600 км до момента солнечного затмения прием сигналов мог осуществляться некогерентным рассеянием на флуктуациях коэффициента преломления. В момент солнечного затмения аэрологическое зондирование тропосферы не производилось.

Для объяснения полученных результатов рассмотрим геометрические параметры трассы распространения радиоволн и определим высоту H нижней границы объема рассеяния при нор-

мальной рефракции на расстояниях, равных $R=600-750$ км, соответствующих моменту солнечного затмения при расхождении судов. Известные соотношения [2-4] дают высоты расположения нижней границы объема рассеяния при нормальной рефракции $H=5,3-7,7$ км. На этих высотах механизм рассеяния на неоднородностях тропосферы позволяет передавать сигналы с большим ослаблением: до начала солнечного затмения множитель ослабления во всех диапазонах частот имел величину 75-78 дБ, что соответствует классическим теориям ДТР [2,4]. В момент солнечного затмения произошли изменения параметров тропосферы в объеме рассеяния: появились анизотропные неоднородности большей величины и инверсионные слои, что и привело к изменению спектра и увеличению уровня сигнала [5].

Вторым объяснением является изменение рефракции, которое привело к уменьшению высоты расположения нижней границы объема рассеяния и перемещению его в область, где турбулентность тропосферы выше.

Не следует также забывать о влиянии тропопаузы, высота которой близка к названным высотам. Последние исследования тропопаузы [6] подтвердили наличие протяженных анизотропных неоднородностей, свойства которых существенно зависят от влияния солнечных лучей. По этим причинам в момент солнечного затмения на высоте тропопаузы образовался инверсионный слой, который был причиной увеличения уровня сигналов на расстояниях 700-750 км. Достаточно подробно отражения от инверсных слоев на высотах $H = 0,5, 1, 1,5, 2$ км рассмотрены в работе [5]. Характер дистанционного и частотного ходов множителя ослабления очень похож на представленные в данной работе (рис. 2). Отличием являются расстояния, на которых наблюдаются максимумы отраженного сигнала. Кроме этого, 50- и 200-см диапазоны эффективно отражались от инверсных слоев, а 3- и 10-см имели несущественные отражения. Можно предположить, что наиболее вероятной причиной увеличения уровня сигналов далеко за пределами радиогоризонта (700-750 км) в период солнечного затмения были изменения состояния тропопаузы или возникновение инверсных слоев влажности.

1. Большая советская энциклопедия / Под. ред. А. М. Прохорова. - М.: Сов. энциклопедия, 1972. - 9. - 624 с.
2. Распространение ультракоротких радиоволн / Пер. с англ. под ред. Б. А. Шиллерова - М.: Сов. радио, 1954. - 710 с.
3. Вилларс и Вейскопф. Рассеяние радиоволн в турбулентной атмосфере // Вопросы дальней связи на УКВ - М.: Сов. радио, 1957. - С.9-34.
4. Прошин А. В. К расчету мощности рассеяния при дальнем тропосферном распространении ультракоротких волн // Электросвязь - 1958. - №8. - С. 13-21.

5. Mytsenko I. M., Homenko S. I. Distance Dependence of the Damping Factor for Metric and Decimeter Waves in an Inversion Layer Condition // Telecommunications and Radio Engineering - 2003. - 59, N7-9. - P. 71-75.
6. Олейников В. Н., Соляшик О. А., Евсеев Д. Б. Оценка некоторых характеристик турбулентных процессов в тропосфере радиолокационным методом. // Прикладная радиоэлектроника. - 2004. - 3, №1 - С.35-40.

ANALYSIS OF MICROWAVE PROPAGATION ABOVE OCEAN SURFACE DURING SOLAR ECLIPSE

I. M. Mytsenko

Results of the experimental investigation of microwave propagation above Indian Ocean surface during solar eclipse (February, 1980) is presented. The causes of the signal strength increase including the tropopause influence and evaporation duct as ones of the most probable are examined.

Keywords: propagation, ocean surface, eclipse.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ УКХ ДІАПАЗОНУ НАД ОКЕАНСЬКОЮ ПОВЕРХНЕЮ В ПЕРІОД СОНЯЧНОГО ЗАТЕМНЕННЯ

I. M. Миценко

Подано результати експериментальних досліджень поширення радіохвиль УКХ діапазону над поверхнею Індійського океану в період сонячного затемнення (лютий, 1980 р.). Розглянуті причини зростання інтенсивності сигналів, включаючи вплив тропопаузи та інверсійних шарів вологи, як одних із найбільш імовірних.

Ключові слова: поширення, океанська поверхня, затемнення.

Рукопись поступила 6 ноября 2006 г.