

В одном случае это объяснялось вспышкой, предшествующей затмению, в другом — тем, что затмение происходило на восходе Солнца. В нашем случае наблюдения выполнялись также в восходный период, поэтому возможно, что смещение обусловлено характером изменения фазы на участке трассы, не попадающем в область затмения. В связи с этим, на частоте 60 кГц были выполнены дополнительные расчеты. Определялось изменение фазы для момента, соответствующего максимуму экспериментальной фазовой вариации. Из обстоятельства затмения [7] для этого момента была найдена фаза затмения $\Phi = 0,7$. При той же протяженности затененного участка этой фазе затмения соответствует согласно рис. 1 $h_{\text{эфф}} = 70 \text{ км}$. Рассчитанное изменение фазы приведено в табл. 1. Это расчетное значение фазовой вариации хорошо согла-суется с экспериментальным.

Таким образом, полученные оценки показывают, что для прогнозирования ожидаемых во время затмения вариаций фазы можно пользоваться графиком $h_{\text{эфф}} = F(\Phi)$ работы [2] и в случае больших зенитных углов Солнца, причем область его применения оказывается возможным расширить на ДВ диапазон. Отмеченное при этом увеличенное значение погрешности в ДВ диапазоне, как показано, может быть обусловлено дополнительными эффектами, сопутствующими затмению, приводя-щими также к изменению фазы (например, как и в работе [1]), а не методикой расчета.

В заключение авторы благодарят П. В. Блиоха за обсуждение работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Noopkester V. R., Sailors D. B. — Radio Sci., 1971, 6, № 10, p. 871.
2. Моисеенко Л. Н., Шубова Р. С.— Изв. вузов — Радиофизика, 1978, 21, № 2, с. 269.
3. Макаров Г. И., Демушкин С. М. и др. Тезисы докладов VIII межведомствен-ного семинара по распространению километровых и более длинных радиоволн.— Омск: ОГПИ, 1982, с. 5.
4. Несторов В. И и др. Тезисы докладов VIII межведомственного семинара по распространению километровых и более длинных радиоволн.— Омск: ОГПИ, 1982, с. 8.
5. Ноу R. D.— J. Atm. Terr. Phys., 1969, 31, № 7, p.1027.
6. Schaal R. E. et al.— Nature, 1970, 226, № 5251, p. 1127.
7. Солнечное затмение 31 июля 1981 года и его наблюдение. /Под ред. А. Л. Михай-лова.— М.: Наука, 1980.
8. Galeys J. Terrestrial propagation of long electromagnetic waves.— Oxford: Perga-mon Press, 1972.

Институт радиофизики и электронники
АН УССР

Поступила в редакцию
18 января 1983 г.

УДК 550.388.2

НАЧАЛЬНАЯ РЕАКЦИЯ F -ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ НА СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ

В. И. Дробжев, В. М. Краснов, Ю. Г. Литвинов, Н. М. Салихов

В настоящей работе изучение реакции ионосферы на солнечное затмение 31 июля 1981 г. проводилось доплеровским методом.

В работе [1] при исследовании D -области ионосферы показано, что временные характеристики процесса в ионосфере могутискажаться из-за интегрального характера эффекта Доплера. В частности, для трасс, расположенных под различными углами к направлению лунной тени, временной ход изменения доплеровской частоты ($f_d(t)$) различен. Учитывая это, передатчик (с. Тургень) и приемник (г. Капчагай) располагались в пространстве из расчета, чтобы полууть при первом контакте одновре-менно пересекала всю трассу распространения радиоволны (рис. 1). Для контроля приемный пункт был расположен также в г. Фрунзе. Расстояние между передатчиком и приемником для первой трассы равнялось $\sim 60 \text{ км}$, для второй $\sim 250 \text{ км}$. Расстояние радиотрасс от полосы полного затмения составляло $\sim 900 \text{ км}$. Частота передат-чика равнялась 4,9 МГц, что обеспечило отражение радиоволн от высот порядка 200 км.

В эксперименте определялся средний доплеровский сдвиг частоты (время усред-нения ~ 6 с). Результаты наблюдений представлены на рис. 2. Стрелками под каждой кривой отмечены моменты начала, наибольшей фазы и конца частного затмения для средних точек трассы и высоты $\sim 200 \text{ км}$. Максимальная фаза затмения состав-ляла величину порядка 0,77. Видно, что эффект затмения проявился примерно оди-

наково на обеих записях. Начало заметной реакции ионосферы на доплеровской записи (трасса Тургень—Капчагай) характеризуется резким отрицательным выбросом частоты через 17 мин после первого контакта. Учитывая, что полутень одновременно пересекла трассу радиосигнала, это время можно считать временем запаздывания реакции на затмение. По аналогии с методикой определения параметров импульсного процесса можно найти длительность переднего фронта выброса (τ_f) как время изменения величины $f_d(t)$ от $0,1 A$ до $0,9 A$ (A — максимальное значение выброса $f_d(t)$). Для трассы Тургень—Капчагай имеем $\tau_f \approx 2$ мин. Более плавные изменения $f_d(t)$ после начала затмения наблюдаются на трассе Тургень—Фрунзе, что, по-видимому, обусловлено постепенным перекрытием полутенью трассы радиосигнала ($\tau_f \approx 6$ мин). Дальнейший ход доплеровской частоты характеризуется острыми минимумами на обеих кривых, переходящими в медленное возрастание величины $f_d(t)$.

По минимумам нетрудно определить время запаздывания реакции ионосферы на трассе Тургень—Капчагай относительно трассы Тургень—Фрунзе. Оно оказалось равным 3 мин. Это время отличается от времени прохождения полутиени расстояния от средней точки трассы Тургень—Фрунзе до трассы Тургень—Капчагай, равного 1 мин 10 с. Учитывая, что расстояние между точками отражения радиоволн составляет величину ~ 120 км, имеем: скорость движения тени $\sim 1,7$ км/с, скорость движения ионосферного возмущения $\sim 0,67$ км/с. Возможно, это отличие обусловлено разным расположением трасс или влиянием фоновых колебаний $f_d(t)$ на положение пиков.

В районе наибольшей фазы затмения кривые $f_d(t)$ переходят через нулевой уровень в область положительных значений и к моменту конца частного затмения достигают фонового уровня. Ввиду значительной амплитуды фоновых колебаний строго установить момент наибольшего уменьшения электронной концентрации и конца реакции ионосферы на затмение по записям $f_d(t)$ не представляется возможным.



Рис. 1. Схема расположения радиотрасс относительно линии начала частного затмения (штриховая кривая).

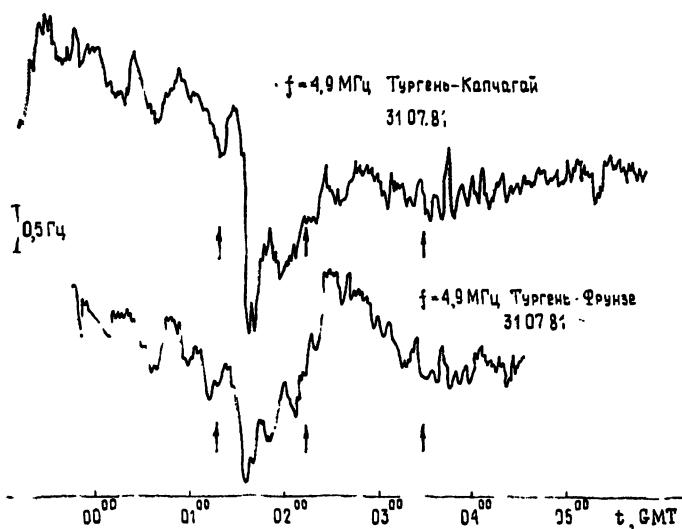


Рис. 2. Записи доплеровского сдвига частоты, полученные в день затмения 31 июля 1981 г. на трассах Тургень—Капчагай и Тургень—Фрунзе.

Длительность скачка $f_d(t)$ (~ 2 мин) для трассы Тургень—Капчагай в момент начала реакции ионосферы позволяет оценить пространственные размеры области, разделяющей возмущенную и невозмущенную ионосферу. Если учесть, что скорость движения ионосферного возмущения находится в пределах величин $0,67 \div 1,7$ км/с, то тогда размер области лежит в интервале $80 \div 200$ км.

Таким образом, эксперимент, проведенный во время солнечного затмения, в отличие от работ [2-6], показал, что начало заметной реакции ионосферы на затмение происходит не одновременно с прохождением полути, а с запаздыванием порядка 17 мин. Пространственные размеры области, разделяющей возмущенную и невозмущенную ионосферу, имеют величину $\sim 80 \div 200$ км.

В качестве гипотезы, объясняющей полученное запаздывание, можно представить, что зависимость между освещенностью ионосферы Солнцем и процессами, приводящими к уменьшению электронной концентрации, является функцией нелинейной. По-видимому, существует некоторая критическая величина уменьшения освещенности, при которой скорость этих процессов «лавинообразно» возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lytt K. J. W.—J. Atmosph. Terr. Phys., 1981, 43, № 12, p. 13.
2. Засенко В. Е., Галкин А. И.—В сб.: Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца.—М.: Наука, 1982, вып. 59, с. 115.
3. Кисилев В. Ф., Смирнов Ф. В., Сулакшин С. С.—Геомагнетизм и аэрономия, 1977, 17, № 2, с. 348.
4. Butcher E. C.—J. Geophys. Res., 1973, 78, № 31, p. 7563.
5. Cornelius D. W., Essex E. A.—J. Atmosph. Terr. Phys., 1978, 40, p. 497.
6. Marriott R. T., St. John D. E., Thorpe R. M., Venkateswaran S. V.—J. Atmosph. Terr. Phys., 1972, 34, № 4, p. 695.

Сектор ионосферы АН КазССР

Поступила в редакцию
18 января 1983 г.

УДК 621.378.325

О НЕЛИНЕЙНОЙ РЕФРАКЦИИ СВЕТОВОГО ПУЧКА ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ВДОЛЬ СРЕДНЕГО ВЕТРА

К. Д. Егоров, В. П. Кандидов, А. С. Лагучёв

В атмосферных условиях пульсации скорости ветра приводят к случайным блужданиям и дефокусировкам светового пучка, вызванным тепловым самовоздействием. В зоне «покоя» при сканировании пучка или при его распространении в направлении ветра, когда средняя скорость поперечного потока среды близка к нулю, влияние пульсаций ветра особенно значительно. Для изотропной турбулентности поперечная скорость конвективного движения среды равномерно распределена по углу от $-\pi$ до π , и можно ожидать, что характер нелинейной рефракции пучка приближается в среднем к стационарной самофокусировке в условиях теплопроводности. Величина эффективного коэффициента турбулентной температуропроводности оценена в [1] в приближении тонких тепловых линз.

В настоящем сообщении методом Монте-Карло определены среднестатистические параметры пучка при крупномасштабных флуктуациях скорости ветра, среднее направление которого совпадает с осью пучка. На основе этого получено выражение для коэффициента турбулентной температуропроводности.

Пусть турбулентное движение среды характеризуется пространственным и временным масштабами l_r , τ_r , которые много больше соответственно радиуса пучка a_0 и конвективного времени $\tau = a_0 / |\mathbf{v}_\perp|$. В этих предположениях можно считать, что скорость поперечного движения среды \mathbf{v}_\perp постоянна в сечении пучка и для распространения излучения справедливо квазистационарное приближение. Положим для простоты, что абсолютное значение поперечной скорости $|\mathbf{v}_\perp| = v_0$ не меняется с расстоянием z и угол β между векторами скорости \mathbf{v}_\perp и осью x имеет равномерную функцию распределения: $F[\beta] = 1/2\pi$, $\beta \in (-\pi, \pi)$. Тогда отдельная реализация комплексной амплитуды светового поля E при некоторой случайной функции $\beta^{(m)}(z)$ описывается однопараметрической системой уравнений:

$$2i \frac{\partial E}{\partial z} = \Delta_\perp E + TE, \quad z \in [0, L], \quad (1)$$

$$(e, \nabla_\perp) T = R_v I, \quad e = [\cos \beta, \sin \beta], \quad I = (cn/8\pi) EE^*.$$

Здесь $E(x, y, 0)$ —заданное распределение светового поля на передающей апертуре, $R_v = 2k^2 a_0^3 I_0 (\partial n / \partial T) (c_p \rho v_0)^{-1}$ —параметр нелинейной рефракции, который опреде-