

## КВАЗИСИНУСОИДАЛЬНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ИОНОСФЕРЕ

Э. Е. Митякова

В работе [1] приведены данные о регулярной структуре ионосферы, полученные путем измерений разности фаз сигналов когерентных частот ИСЗ Эксплорер-22 в Горьком и Мурманске в 1965—1966 гг. При обработке эксперимента все флуктуации разности фаз, вызванные ионосферными неоднородностями, по возможности усреднялись. Необходимо подчеркнуть, однако, что нерегулярности в записях разности фаз встречались довольно часто, особенно в ночное время. Обработка фазовых флуктуаций дает возможность определить параметры ионосферных неоднородностей, расположенных на пути распространения радиоволн. Результаты подобного анализа будут опубликованы.

В настоящей заметке мы остановимся лишь на одном виде фазовых флуктуаций—крупномасштабных возмущениях квазисинусоидального типа. Типичные примеры таких неоднородностей приведены на рис. 1. По оси ординат отложена производная разности фаз сигналов когерентных частот 20 и 40 МГц (ионосферная поправка к доплеровской частоте сигналов ИСЗ) в герцах, по оси абсцисс—время наблюдений. На рис. 1 а показан пример квазисинусоидальной неоднородности, зарегистрированной в Горьком; на рис. 1 б—запись того же пролета в Мурманске. Спутник двигался с севера на юг, поэтому в Мурманске он наблюдался раньше, чем в Горьком. В начале пролета в Мурманске имела место невозмущенная зависимость от времени и лишь в конце пролета началось квазисинусоидальное изменение  $\dot{\Phi}$ , которое совершенно отчетливо зарегистрировано затем в Горьком. На рис. 1 а производная разности фаз трижды меняет знак. Это свидетельствует о сильном ионосферном возмущении периодического типа (Наличие в ионосфере неоднородностей электронной концентрации волнообразного типа отмечалось в работе [2]). Значительно чаще встречаются более слабые квазисинусоидальные неоднородности, которые лишь слегка деформируют регулярную зависимость  $\dot{\Phi}$  от времени (рис. 1 в).

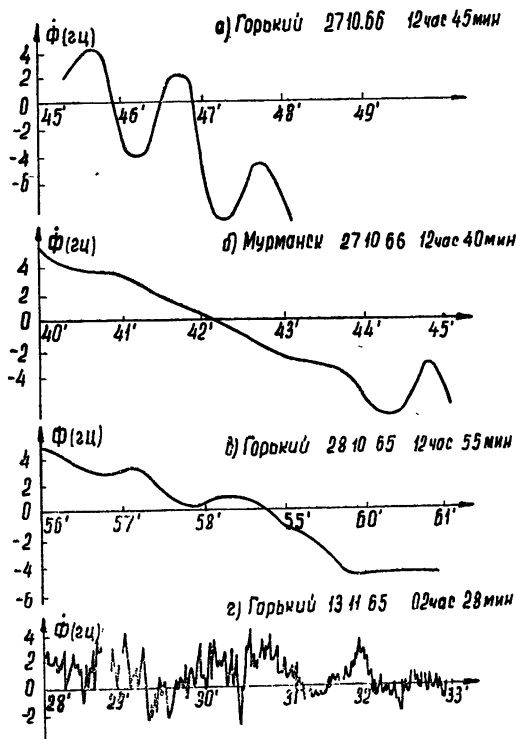


Рис. 1.

Неоднородности квазисинусоидального типа в Горьком встречались примерно в 5% всех имеющихся записей разности фаз, причем преимущественно днем в период равноденствия. Ночью квазисинусоидальные неоднородности выражены не так явно.

Они обычно наблюдаются на фоне мелкомасштабных флуктуаций фазы (рис. 1 г). На рис. 2 представлены гистограммы удвоенной амплитуды  $2\Delta\Phi$  (а) и периода  $T$  (б) всех наблюдаемых нами синусоидальных неоднородностей. В Горьком наиболее часто встречающаяся амплитуда  $\Delta\Phi \sim 1$  гц, а период 60—80 сек. В Мурманске амплитуда несколько больше (1,3 гц), а период меньше (50—60 сек).

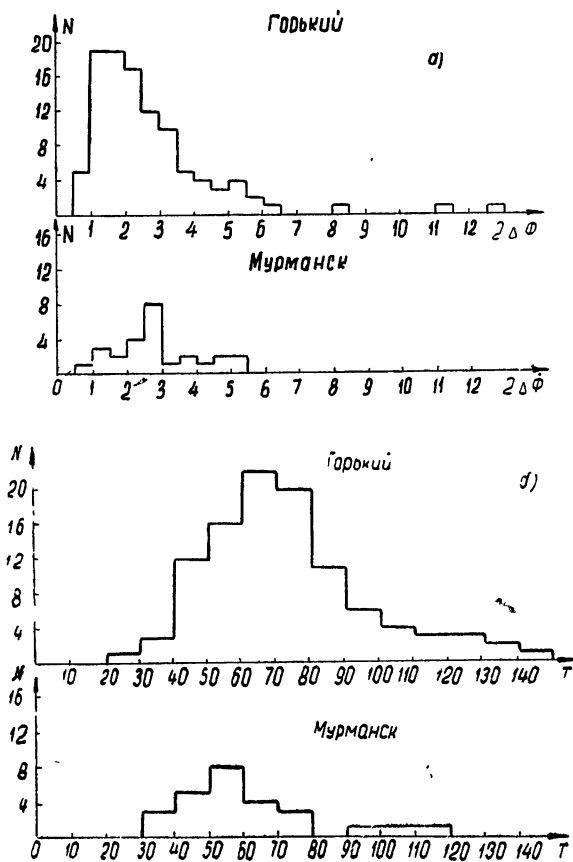


Рис. 2.

Поскольку наблюдения ИСЗ Эксплорер-22 проводились в двух пунктах (Горький и Мурманск), имелась возможность проследить широтную зависимость появляемости синусоидальных неоднородностей. При этом оказалось, что на записях в Мурманске неоднородности подобного типа встречаются значительно реже (примерно в 2—3% всех наблюдений), чем в Горьком, причем в Мурманске квазисинусоидальные неоднородности часто наблюдались одновременно с более мелкими флуктуациями. В Мурманске при пролетах ИСЗ с севера на юг неоднородности квазисинусоидального типа обычно появлялись лишь в конце сеанса (см рис 1б), а для пролета с юга на север—в начале сеанса. Мы построили широтную зависимость\* отношения количества наблюдаемых синусоидальных неоднородностей к полному числу наблюдений на данной широте (рис. 3). Цифры обозначают число учетных наблюдений. Очевидна явная широтная зависимость появляемости синусоидальных неоднородностей: севернее  $68^\circ$  они практически отсутствуют.

Имелась возможность сопоставить появление неоднородностей квазисинусоидального типа на записях ИСЗ с данными станции вертикального зондирования ионосферы в Горьком\*\* При этом оказалось, что часто синусоидальные неоднородности сопровождались появлением на ионограммах различного рода ионосферных возмущений\*\*\*.

\* Имеется в виду широта «подыоносферной» точки.

\*\* Ионосферные данные любезно предоставлены Л. В. Гришкевичем.

\*\*\* К сожалению, мы располагали в большинстве случаев лишь ионограммами, снятыми через интервалы 15 мин, поэтому здесь имеются в виду ионограммы, ближайšie к времени появления квазисинусоидальных неоднородностей, а иногда даже отстоящие на 15—30 мин.

Днем во время наблюдений квазисинусоидальных возмущений разности фаз сигналов ИСЗ иногда имела место сильная деформация слоя с резким повышением или понижением критических частот, которые затем восстанавливались. Квазисинусоидальные возмущения сопровождалась также в нескольких случаях появлением неоднородностей типа «перемещающихся возмущений» [3, 4] (см. рис. 4 а, б).

Ночью квазисинусоидальные возмущения часто появлялись во время сильной диффузности слоев (см. рис. 4 в). Иногда имели место спорадические слои  $E_s$  с частичной или полной экранировкой слоя  $F$ .

Рассмотренные выше квазисинусоидальные изменения разности фаз сигналов ИСЗ, по-видимому, обусловлены крупномасштабными квазисинусоидальными неоднородностями электронной концентрации с большими горизонтальными градиентами. Представляют интерес оценки размеров таких неоднородностей (их характерного периода) и величины отклонений электронной концентрации от среднего значения. Предположим, что интегральная электронная кон-

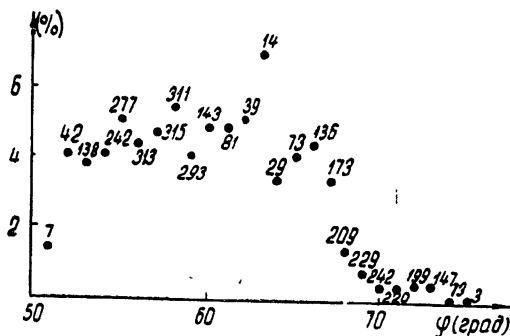


Рис. 3.

центрация  $N_{\pi} = \int_0^{z_c} N dz$  изменяется в горизонтальном направлении (вдоль траектории движения «подыоносферной точки») по синусоидальному закону:

$$N_{\pi} = N_{\pi 0} + \Delta N_{\pi} \sin \left( \frac{2\pi x_M}{L} + \lambda \right).$$

Скорость движения «подыоносферной точки»  $\dot{x}_M = \dot{x}_c z_M / z_c$ , где  $\dot{x}_c$  — горизонтальная скорость спутника,  $z_M$  — высота максимума ионосферного слоя,  $z_c$  — высота спутника. Таким образом,  $x_M = x_M(t - t_0)$ , а пространственный период синусоидального возмущения  $L = x_M T$ , где  $T$  — временной период изменения разности фаз сигналов ИСЗ.

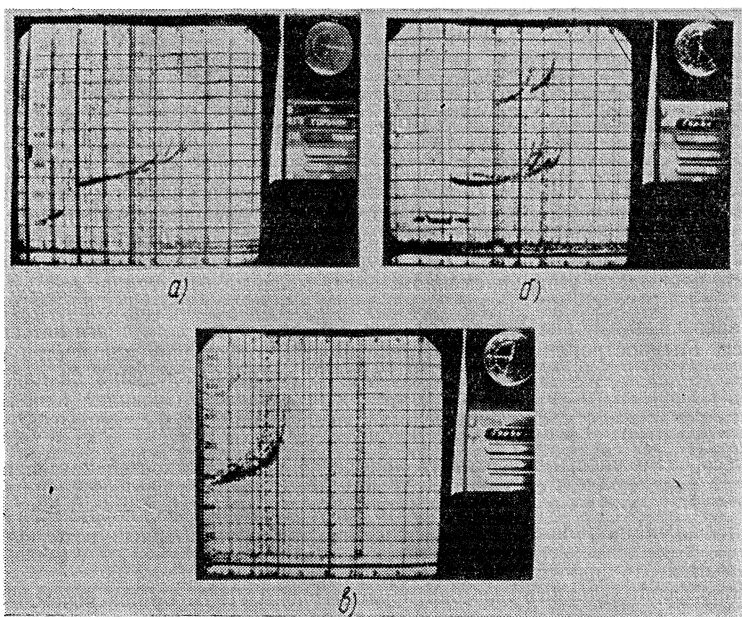


Рис. 4.

Средний период  $T$  для квазисинусоидальных возмущений составляет 60 сек, что соответствует пространственному периоду возмущений (в направлении движения ИСЗ)  $L \approx 200$  км. Аналогичные размеры неоднородностей электронной концентрации были получены в работах [5, 6] методом регистрации вариаций фаз отраженных от ионосферы сигналов. Оценки показывают, что для случая а) (рис. 1) относительная амплитуда возмущений  $\Delta N_p/N_p$  составляет  $4 \cdot 10^{-2}$ , а для случая б)  $\Delta N_p/N_p \approx 1,6 \cdot 10^{-2}$ . Горизонтальные градиенты электронной концентрации  $\Delta(dN_p/dx) = 2\pi\Delta N_p/L$  в этих случаях соответственно равны  $1,2 \cdot 10^6$  и  $5 \cdot 10^4$  эл.см $^{-3}$ . Амплитуду локальных изменений электронной концентрации вблизи максимума слоя  $F$  для указанных случаев можно оценить по высоточастотным характеристикам ионосферной станции (рис. 4а, б). При этом оказалось, что величина  $\Delta N/N \approx 6 \cdot 10^{-2}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Митяков, Э. Е. Митякова, В. А. Череповицкий, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика (в печати).
2. Ю. Л. Кокурин, А. Н. Сухановский, Ю. И. Алексеев, Радиотехника и электроника, 6, 738 (1961).
3. J. H. Heisler, J. Atm. Terr. Phys., 25, 71 (1963).
4. K. D. Hunsucker and L. H. Tveten, J. Atm. Terr. Phys., 29, 909 (1967).
5. В. Д. Гусев, С. Ф. Миркотан и др, сб. Дрейфы неоднородностей в ионосфере, сер. Результаты МГГ, изд. АН СССР, 1959, стр. 7.
6. С. Ф. Миркотан, Ю. В. Кушнеревский, В. Д. Гусев, сб. Исследование неоднородностей в ионосфере, № 4, сер. Результаты МГГ, изд. АН СССР, 1960, стр. 57.

Научно-исследовательский радиофизический институт  
при Горьковском университете

Поступила в редакцию  
4 июля 1967 г.

УДК 621 371 · 529 213 27

## ДИСПЕРСИЯ МАГНИТОУПРУГИХ ВОЛН В ИТТРИЕВОМ ГРАНАТЕ

С. А. Миронов, Б. М. Лебедь, К. В. Шевлягин, А. Г. Гуревич

В настоящее время насчитывается более десятка работ, посвященных возбуждению магнитоупругих волн в монокристаллах иттриевого граната переменным магнитным полем. При этом основное внимание уделялось исследованию зависимости времени распространения магнитоупругой волны  $\tau$  от величины внешнего постоянного магнитного поля  $H_0$ . Зависимость же времени  $\tau$  от частоты  $f$ , т. е. дисперсионная характеристика магнитоупругих волн, приведена лишь в работе [1] для частот 2100—3300 МГц. В настоящей заметке сообщаются результаты экспериментов по измерению зависимости  $\tau(f)$  в диапазоне 400—2000 МГц при комнатной температуре.

Магнитоупругие волны возбуждались в импульсном режиме ( $t_n \sim 1$  мксек) в продольно намагниченном цилиндре (длиной  $2l = 0,603$  см и диаметром  $2a = 0,28$  см) из монокристалла иттриевого граната. Ось образца совпадала с кристаллографической осью [100]. Торцовые плоскости были оптически полированы и параллельны. Переменное магнитное поле, параллельное торцовым плоскостям образца, создавалось тонкой провололочкой, которая являлась центральным проводником закороченной коаксиальной линии.

Согласно методике, изложенной в [2], в указанном диапазоне частот через каждые 100 МГц были сняты зависимости  $\tau_1(H_0)$ . Здесь  $\tau_1$  — время задержки первого магнитоупругого импульса в режиме «на проход». Результаты измерений на частотах 500, 1000 и 1600 МГц приведены на рис. 1. Там же показаны зависимости  $\tau_1(H_0)$ , рассчитанные в предположении [3], что переход между ветвями магнитоупругого спектра происходит в области пересечения

Пусть распределение внутреннего поля в образце описывается параболой

$$H_i(z) = H_0 + \frac{A - B}{l^2} z^2 - A, \quad (1)$$

где  $A$  и  $B$  — значения размагничивающего поля в центре и на торцах образца. Как было показано в [4], в этом случае