

А. А. ГОРОЖАНКИНА

## К ВОПРОСУ О ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ИОНОСФЕРЕ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 24 VIII 1953)

За последние годы в литературе появился ряд теоретических и экспериментальных работ (1-6) по исследованию неоднородной структуры ионосферы — размеров имеющихся в ней неоднородностей, скоростей их хаотических и регулярных движений (ионосферных ветров) и их локализации. Наименее изучен вопрос о локализации неоднородностей.

Обычный метод исследования неоднородной структуры ионосферы основан на наблюдении в разных пунктах колебаний амплитуды (федингов) единичного (магнито-расщепленного) сигнала, отраженного от ионосферы при вертикальном ее зондировании.

Очевидно, колебание амплитуды сигнала, отраженного от слоя  $E$ , может быть вызвано движениями неоднородностей, лежащих как в самом отражающем слое, так и ниже него. Локализация же неоднородностей, вызывающих колебания амплитуды сигнала, отраженного от слоя  $F$ , до сих пор остается не вполне выясненной. Некоторые авторы (1) полагают, что фединги сигнала, отраженного от слоя  $F$ , вызваны прохождением волны через неоднородную структуру нижележащего регулярного или спорадического слоя  $E$ . Однако наблюдения проводились лишь в тех случаях, когда имеются отражения на одной частоте от полупрозрачного слоя  $E_{\text{спор}}$  и от слоя  $F$  одновременно.

По нашему мнению, вопрос о локализации неоднородностей, вызывающих колебания амплитуды сигнала, отраженного от слоя  $F$ , может быть решен с помощью зондирования ионосферы в разнесенных пунктах не на одной фиксированной частоте, как это обычно делается, а на ряде дискретных частот одновременно. Сопоставление результатов измерений размеров неоднородностей, их скоростей и направлений движения, полученных на разных частотах, позволит судить о высотной зависимости измеряемых величин и, следовательно, о локализации неоднородностей.

В данной заметке приводится предварительный (скорее иллюстративный) материал, полученный при наблюдениях лишь в одном пункте, но при зондировании на двух частотах одновременно. Частоты были выбраны так, чтобы одна из них соответствовала отражению от слоя  $F_1$  или от начала слоя  $F_2$ , а вторая — отражению от середины слоя  $F_2$  (при этом на обеих частотах наблюдался магнито-расщепленный сигнал). Опыт продолжался от 20 мин. до 1 часа.

В ряде случаев обнаружено большое сходство в характере изменения амплитуд сигналов  $R_1^{(0)}(t)$ ,  $R_1^{(v)}(t)$ ,  $R_2^{(0)}(t)$ ,  $R_2^{(v)}(t)$  во времени на частотах  $f_1$  и  $f_2$  (индексы <sup>(0)</sup> и <sup>(v)</sup> относятся к обыкновенному и

необыкновенному лучу, соответственно). Однако сходство это заключается не в полном подобии кривых  $R_1^{(0)}$ ,  $R_1^{(x)}$ ,  $R_2^{(0)}$ ,  $R_2^{(x)}$ , а в параллелизме между быстротой изменения амплитуд. Поэтому в качестве параметра, принятого для сопоставления кривых, была выбрана именно быстрота колебаний амплитуды, равная  $k = \frac{|\Delta R / \Delta t|}{R}$ . Усреднение проводилось по промежуткам времени  $\sim 3$  мин., что составляет от  $1/7$  до  $1/20$  длительности всего опыта.

Сопоставление кривых  $R_1^{(0)}$ ,  $R_1^{(x)}$ ,  $R_2^{(0)}$ ,  $R_2^{(x)}$  сводилось к нахождению коэффициента корреляции  $\rho$  между величинами  $k_1^{(0)}$ ,  $k_1^{(x)}$ ,  $k_2^{(0)}$ ,  $k_2^{(x)}$  во всех возможных их попарных сочетаниях.

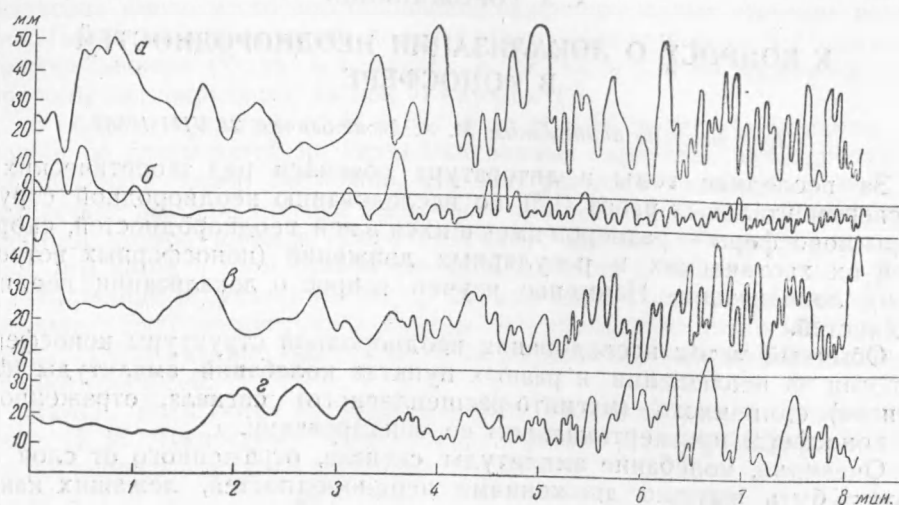


Рис. 1. а —  $f = 4,3$  МГц, обыкновенный; б —  $f = 4,3$  МГц, необыкновенный  
в —  $f = 6,4$  МГц, необыкновенный; г —  $f = 6,4$  МГц, обыкновенный

Результаты 14 наблюдений, проведенных в течение  $1\frac{1}{2}$  месяцев в дневное время, показали, что  $\rho$  лежит в пределах от 0,6 до 1,0 в 60—70% всех случаев для разных частот в разных комбинациях ( $k_1^{(0)}$  и  $k_2^{(0)}$ ;  $k_1^{(0)}$  и  $k_2^{(x)}$ ;  $k_1^{(x)}$  и  $k_2^{(0)}$ ;  $k_1^{(x)}$  и  $k_2^{(x)}$ ), в 75% случаев — для компонент более высокой из рабочих частот ( $k_1^{(0)}$  и  $k_1^{(x)}$ ) и в 90% случаев — для компонент более низкой ( $k_2^{(0)}$  и  $k_2^{(x)}$ ).

На рис. 1 представлен участок кривой, на котором особенно заметен параллелизм в характере изменения амплитуд  $R_1^{(0)}(t)$ ,  $R_1^{(x)}(t)$ ,  $R_2^{(0)}(t)$ ,  $R_2^{(x)}(t)$ . Величина  $\rho$  для этого случая порядка 0,9. Были отмечены также случаи появления непродолжительного (1—3 мин.) квазипериодического фединга всех четырех сигналов одновременно (рис. 2).

Большая корреляция между величинами  $k_1$  и  $k_2$  свидетельствует о том, что в ряде случаев существует общая для обеих частот причина колебаний амплитуд сигналов. Однако проведенные опыты еще не позволяют локализовать область, ответственную за эти колебания. Можно лишь высказать предположения, что она лежит ниже области отражения меньшей из частот, либо ее протяженность по высоте велика и захватывает всю толщу от минимальной до максимальной высоты отражения сигналов. Наряду с этими причинами возможны в некоторых случаях просто резкие изменения состояния всей ионосферы в целом.

Вместе с тем из приведенных экспериментальных данных видно, что в 30—40% случаев корреляция между  $k_1$  и  $k_2$  (для разных частот)

мала (практически отсутствует). Повидимому, кроме общих причин, вызывающих колебания амплитуд сигналов, существуют еще и местные причины, связанные с присутствием движущихся неоднородностей вблизи областей отражения каждого из сигналов в отдельности. В связи с этим интересно отметить, что квазипериодический фединг

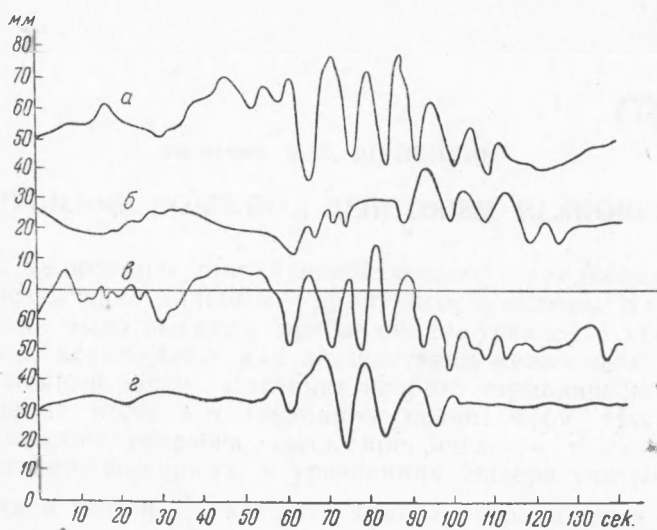


Рис. 2. *a* —  $f = 4,4$ , обыкновенный; *b* —  $f = 4,4$ , необыкновенный; *v* —  $f = 6,4$ , необыкновенный; *z* —  $f = 6,4$ , обыкновенный

(типа, представленного на рис. 2) наблюдался также и на одном из четырех сигналов отдельно, причем область отражения этого сигнала лежала где-то на средней высоте между минимальной и максимальной высотами отражения четырех сигналов ( $f_1^{(0)}$ ,  $f_1^{(x)}$ ,  $f_2^{(0)}$ ,  $f_2^{(x)}$ ).

Физический институт им. П. Н. Лебедева  
Академии наук СССР

Поступило  
1 VIII 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> S. N. Mitra, Proc. J. E. E., III, 96, 441, 505 (1949). <sup>2</sup> H. G. Booker, J. A. Ratcliffe, D. H. Shinn, Phil. Trans. Roy. Soc., 242, 579 (1950).  
<sup>3</sup> В. Н. Бриггс, G. J. Phillips, D. H. Shinn, Proc. Phys. Soc., 63, 106 (1950).  
<sup>4</sup> Я. Л. Альперт, А. А. Айнберг, ЖЭТФ, 21, 389 (1951). <sup>5</sup> С. D. Salzberg, R. Greenstone, J. Geoph. Res., 56, 521 (1951). <sup>6</sup> Я. Л. Альперт, Усп. физ. наук, 49, в. 1, 49 (1953).