

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ  
И ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

УДК 551.510.535 : 621.371.25

**СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЕЙ СИГНАЛОВ КОМБИНАЦИОННЫХ ЧАСТОТ**

*С. Н. Митяков, В. П. Поляков, С. В. Поляков,  
В. О. Рапопорт, Ю. А. Сазонов*

Как известно, при воздействии на нижнюю ионосферу мощным модулированным радионизлучением за счет модуляции естественных ионосферных токовых систем возникает излучение на частоте модуляции [1, 2]. До сих пор измерения сигналов комбинационных частот (СКЧ) проводились на сетке частот. При этом для снятия амплитудного фазового спектра и поляризации требовалось время порядка 1—2 часов [1, 3, 4]. Характерные времена изменения параметров нижней ионосферы, а следовательно, и параметров СКЧ могут быть значительно меньше, т. е. для снятия текущих спектров необходимо улучшить временное разрешение измерений.

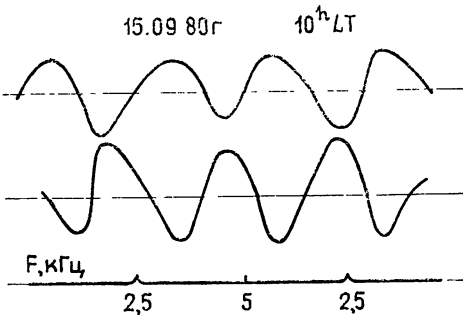


Рис. 2.

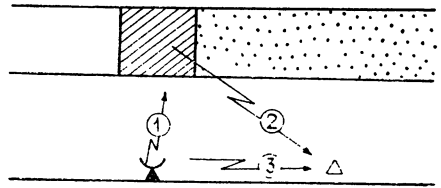


Рис. 1.

В настоящей работе излагаются результаты эксперимента с использованием свипирования частоты модуляции. Эта методика позволяет одновременно измерять все спектральные характеристики полей СКЧ с временным разрешением порядка 1—2 мин. Суть методики сводится к следующему. Сигнал частоты модуляции линейно меняется в диапазоне от 1 до 5 кГц и передается в приемный пункт по радиорелейной линии (см. рис. 1). В приемном устройстве выделяется разностная частота между транслируемым сигналом и сигналом СКЧ. Результирующий сигнал несет информацию об амплитуде и фазовой задержке поля СКЧ. Цикл экспериментов по изложенной методике был проведен в июне—сентябре 1980 г. Для облучения ионосферы использовался передатчик со средней мощностью  $P = 120 \text{ кВт}$ , работающий на частоте  $f_{\text{нес}} = 4,6 \text{ МГц}$  на антенну с вертикальной диаграммой направленности и коэффициентом усиления  $G = 100$ . Глубина модуляции составляла 90%. Цикл перестройки частоты модуляции проводился за время  $\tau \approx 5 \text{ мин}$  и включал в себя линейную перестройку от 1 до 5 кГц и обратно от 5 до 1 кГц. Приемный пункт был расположен в 48 км от передатчика. Прием осуществлялся на две ортогональные рамочные антенны, ориентированные

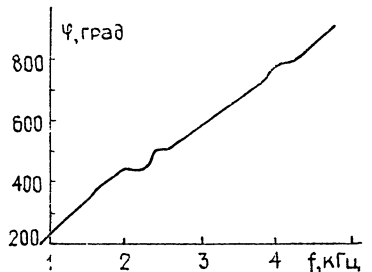
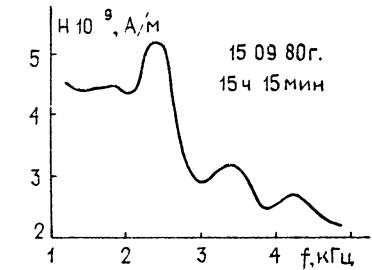


Рис. 3.

осуществлялся на две ортогональные рамочные антенны, ориентированные

в направлении север—юг и восток—запад. Физическая площадь каждой рамки  $S = 200 \text{ м}^2$ , число витков  $N = 20$ . Постоянная времени приемного устройства  $T = 16 \text{ с}$ . Регистрация сигнала проводилась на ленту самописца. Пример записи сигнала с двух ортогональных антенн приведен на рис. 2. Обработкой подобных записей можно получить текущие амплитудные и фазовые спектры, а также параметры поляризации полей СКЧ. Примеры амплитудных и фазовых спектров приведены на рис. 3. На приведенных рисунках четко виден амплитудный максимум на частоте  $F = 2,5 \text{ кГц}$ . На этой же частоте видны резкие изменения фазы поля. Эти результаты довольно естественны, поскольку частота  $F = 2,5 \text{ кГц}$  соответствует первому поперечному резонансу волновода Земля—ионосфера [6].

На рис. 4 приведены примеры временной эволюции амплитудных, фазовых и поляризационных характеристик полей на ряде частот. Зависимость амплитуды поля  $H$  от времени приведена для частоты  $2,5 \text{ кГц}$ . Пунктиром показана амплитуда шума в той же полосе частот. По приведенным результатам кратко можно отметить следующее.

На тех участках суточных прогонов, где эффективная высота источников СКЧ  $h \propto c(df/d\omega)$  мало меняется, наблюдается вращение ориентации эллипса поляризации, связанное с суточным вращением естественных ионосферных токовых систем, ответственных за  $S_q$ -вариацию [6] (рис. 4, 7.00 ч—12.00 ч LT).

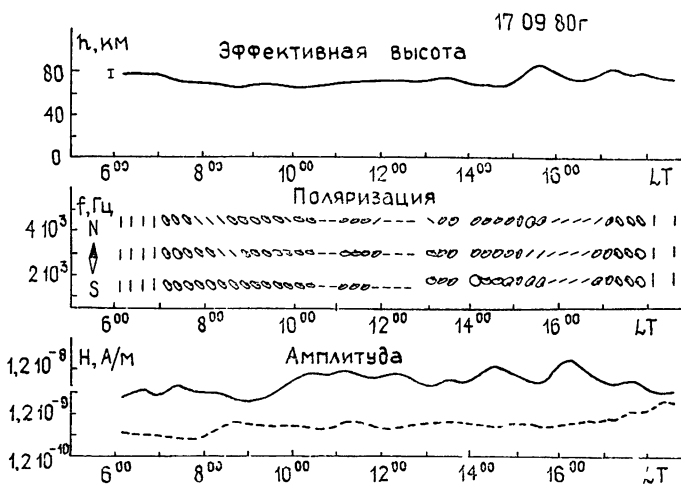


Рис. 4.

При резких изменениях эффективной высоты источников наблюдается характерное изменение поляризации сигнала, коррелирующее с изменением эффективной высоты источников (рис. 4, 14.30—16.30). При увеличении высоты большая полуось эллипса поляризации вращается против часовой стрелки. Указанную особенность можно объяснить изменением отношения частоты столкновений электронов с нейтральными частицами  $\nu_{en}$  к гирочастоте электронов  $\omega_{He}$  в области генерации СКЧ при изменении эффективной высоты источников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гетманцев Г. Г. и др.— Письма в ЖЭТФ, 1974, 20, № 4, с. 229.
2. Котик Д. С., Трахтенгерц В. Ю.— Письма в ЖЭТФ, 1975, 21, № 2, с. 114.
3. Будилин А. В. и др.— Изв. вузов — Радиофизика, 1977, 20, № 1, с. 83.
4. Гетманцев Г. Г. и др.— В сб.: Исследование ионосферы и магнитосферы методами активного воздействия.— Апатиты, 1977, с. 32.
5. Блюх П. В., Николаенко А. П., Филиппов Ю. Ф. Глобальные электромагнитные резонансы в полости Земля—ионосфера — Киев: Наукова думка, 1977.
6. Акасофу С. И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. Ч. I.— М.: Мир, 1974, с. 333.