

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ  
И ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

УДК 551.510 535 + 550 388

**СВЯЗЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
С ПАРАМЕТРАМИ АВРОРАЛЬНОЙ ИОНОСФЕРЫ**

*В. Ф. Ларин, В. С. Смирнов, А. Н. Васильев, И. Н. Капустин,  
А. А. Остапенко, Л. Е. Соловьева*

Воздействие на ионосферу мощного модулированного высокочастотного радиоизлучения приводит к генерации низкочастотного излучения на частоте модуляции — сигналов комбинационных частот (СКЧ) [1]. Найдена связь интенсивности СКЧ с параметрами авроральной электроструи [2]. Целью настоящей работы является определение связи между поляризацией полей СКЧ и параметрами авроральной ионосферы.

В эксперименте использовался передатчик мощностью 100 кВт, работающий на антенну зенитного излучения с коэффициентом усиления  $G=100$ . Измерения поляризации полей СКЧ проводились на приемном пункте, расположенном в 56 км от передатчика ( $\Delta=64^\circ$ ). При сопоставлении поляризационных характеристик полей СКЧ с геофизическими данными обнаружена связь ориентации большой оси эллипса поляризации с ориентацией авроральной электроструи и концентрацией электронов в нижней ионосфере. Ориентация авроральной электроструи определялась по данным магнитовариационных станций (МВС) Кольского полуострова. Информация об электронной концентрации в нижней ионосфере получена по данным риометрического поглощения на частоте 40 МГц.

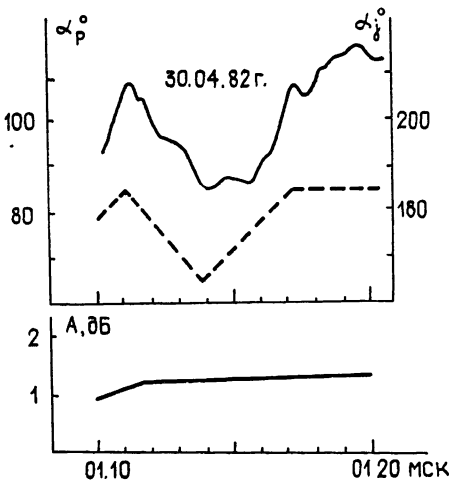


Рис. 1.

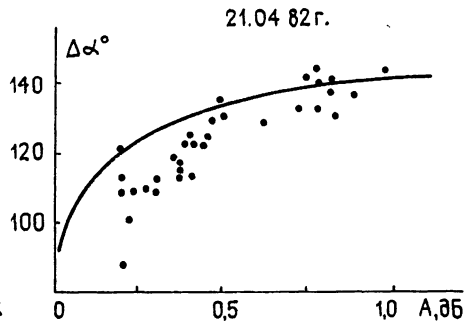


Рис. 2.

В конкретных событиях одновременные изменения ориентации электроструи и риометрического поглощения маскируют связь поляризации с указанными двумя параметрами. В связи с этим проведено и показано на рис. 1 сопоставление азимутов большой оси эллипса поляризации  $\alpha_p$  (сплошная кривая) и электроструи  $\alpha_j$  (пунктирная кривая) в условиях постоянного риометрического поглощения  $A$ . Из рис. 1 видно, что ориентация эллипса поляризации относительно электроструи  $\Delta\alpha = \alpha_p - \alpha_j \approx \text{const}$ . Это дает возможность рассмотреть связь относительной ориентации эллипса поляризации  $\Delta\alpha$  с риометрическим поглощением. Результаты такого рассмотрения представлены на рис. 2, где точками показаны измеренные величины относительной ориентации эллипса поляризации при различных величинах риометрического поглощения.

Качественно результаты эксперимента согласуются с теоретическими расчетами генерации СКЧ на основе механизма, связанного с модуляцией естественных ионосферных токов [3]. Количественное сравнение экспериментальных и теоретических результатов проведено на основе численного моделирования генерации СКЧ путем решения граничной задачи для неоднородных уравнений Максвелла:

$$\nabla \times \mathbf{E} = c^{-1} \partial \mathbf{H} / \partial t, \quad D = \hat{\epsilon}_0 \mathbf{E},$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = c^{-1} \partial D / \partial t + 4\pi c^{-1} \mathbf{j}_{nl}. \quad \mathbf{j}_{nl} = \delta \hat{\sigma} \mathbf{E}_0.$$

Здесь  $\hat{\epsilon}_0$ ,  $\mathbf{E}_0$  — тензор диэлектрической проницаемости и электрическое поле на нулевой частоте,  $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{H}$ ,  $\mathbf{j}_{nl}$ ,  $\delta \hat{\sigma}$  — электрическое и магнитное поля, нелинейный ток и изменение проводимости на частоте модуляции. В качестве граничных условий задачи использовались импедансные условия на поверхности Земли и условия излучения на высоте  $z = 100$  км. Методика решения задачи приведена в работе [4].

Изменения  $\hat{\epsilon}_0(z)$  и  $\mathbf{j}_{nl}(z)$  при  $z < 100$  км, обусловленные вариациями электронной концентрации  $n(z)$  и поля  $\mathbf{E}_0$  в каждом конкретном событии, приводят к изменениям поляризации полей СКЧ. При решении задачи использовалась модель с экспоненциальной зависимостью электронной концентрации от высоты. Параметры модели выбирались по данным риометрического поглощения. Для определения поля  $\mathbf{E}_0$  использовались данные МВС при заданном отношении интегральных холловской и педерсеновской проводимостей, равном 3. Результаты расчетов показаны на рис 2 (сплошная линия).

Рассмотренная связь поляризации СКЧ с параметрами ионосферы, качественно и количественно согласующаяся с теорией, значительно расширяет возможности искусственного низкочастотного излучения при диагностике физических процессов в ионосфере.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гетманцев Г. Г., Зуйков Н. А., Котик Д. С. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1974, 20, вып. 4, с. 229.
2. Капустин И. Н., Перцовский Р. А., Васильев А. Н. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1977, 25, вып. 5, с. 248.
3. Котик Д. С., Трахтенгерц В. Ю. — Письма в ЖЭТФ, 1975, 21, вып. 2, с. 114.
4. Ларин В. Ф., Остапенко А. А., Смирнов В. С. — Изв. вузов — Радиофизика, 1982, 25, № 4, с. 378.

Полярный геофизический институт  
Кольского филиала АН СССР

Поступила в редакцию  
11 мая 1983 г.

УДК 551.510.535

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЯВЛЕНИЯ ГИСТЕРЕЗИСА ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ВОЗМУЩЕНИИ ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

*В. А. Алабастров, Е. А. Бенедиктов, В. Н. Иванов, Ю. А. Игнатъев,  
С. М. Савельев, А. С. Терехов*

В статье приводятся результаты эксперимента по исследованию явления гистерезиса при воздействии на ионосферу мощным КВ излучением. Особенностью данного эксперимента по сравнению с известными [1, 2] являлось использование для диагностики искусственной ионосферной турбулентности (ИИТ) метода наклонного радиозондирования. Регистрация сигналов обратного рассеяния (СОР) в широком секторе углов в азимутальной плоскости позволила исследовать особенности возбуждения ИИТ, включая поведение пространственных размеров области возмущения при различной мощности передатчика нагрева.

Эксперимент проведен в августе 1980 года. Для нагрева ионосферы использовался мощный КВ передатчик (максимальная мощность 150 кВт).

Антенна передатчика имела КНД порядка 100. Нагрев ионосферы осуществлялся на частоте 4,6 МГц в непрерывном режиме излучения. Режим работы передатчика нагрева состоял из циклов: 3 минуты — нагрев, 4 минуты — пауза. В период работы передатчика нагрева мощность ( $P_n$ ) изменялась в соответствии с графиком, приведенным на рис. 1а.

Радиозондирование ИИТ осуществлялось с помощью приемопередатчика, расположенного на удалении 1300 км от передатчика нагрева. Передатчик пробных волн