

ГЕНЕРАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ НА КОМБИНАЦИОННЫХ ЧАСТОТАХ В ОБЛАСТИ АВРОРАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТРУИ

*И.Н.Капустин, Р.А.Перцовский, А.Н.Васильев,
В.С.Смирнов, О.М.Распопов, Л.Е.Соловьева,
А.А.Ульянченко, А.А.Арыков, Н.В.Галахова*

Проведен эксперимент по регистрации излучения на комбинационных частотах при воздействии на ионосферу в области авроральной электроструи мощным модулированным по амплитуде коротковолновым радиоизлучением. Найдено, что интенсивность излучения на комбинационной частоте зависит как от расстояния между авроральной токовой струей и центром зоны активного воздействия в ионосфере, так и от силы тока в электроструе.

Экспериментальные и теоретические результаты по нелинейному детектированию модулированных КВ сигналов в среднеширотной ионосфере приведены в работах [1, 2], авторы которых рассмотрели два возможных механизма детектирования, связанных с модуляцией ионосферных токов и давления ионосферной плазмы. С целью изучения и проверки предложенных механизмов нелинейного детектирования проведен специальный эксперимент в авроральной зоне.

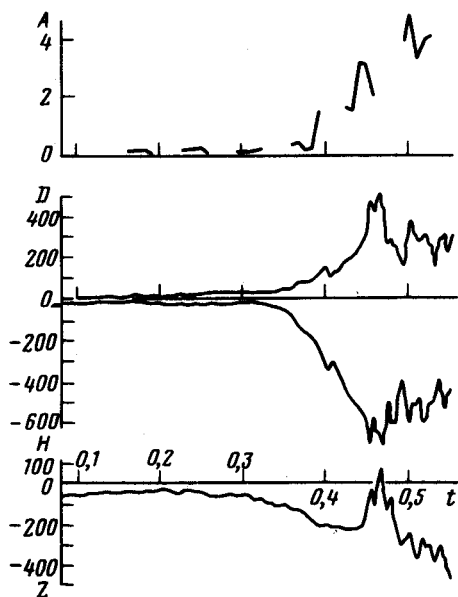


Рис. 1. Зависимость НЧ излучения в относительных единицах от вариаций магнитного поля в γ ($1\gamma = 10^{-5}$ э)

Радиопередатчик работал на частоте 3 МГц с амплитудной модуляцией тоном 2,5 кГц. Средняя мощность передатчика — 110 кВт при глубине модуляции 60%. В эксперименте использовалась антенна зенитного излучения с коэффициентом усиления $G \approx 100$. Приемный пункт низкочастотного излучения находился на расстоянии 80 км восточнее передатчика. Для контроля за положением авроральной электроструи ис-

пользовалась трехкомпонентная магнитовариационная станция, расположенная в 80 км севернее передатчика. Эксперимент проводился в ночное время с 1 по 4 апреля 1976 года.

На рис. 1 в качестве примера показаны результаты измерений амплитуды искусственного излучения на частоте 2,5 кГц. Низкочастотный сигнал начал регистрироваться примерно в 3 час 30 мин одновременно с развитием суббури согласно данным D, H и Z компонент магнитовариационной станции. В спокойное время сигнал практически отсутствовал.

Переходя к интерпретации результатов, рассмотрим механизмы генерации излучения на комбинационных частотах. Согласно [2] объемная плотность нелинейного тока \mathbf{J}_Ω на разностной частоте Ω описывается следующим выражением:

$$\mathbf{J}_\Omega = \hat{\sigma}^e(\Omega) \left[\frac{m}{e} \left(\frac{\partial v_e}{\partial T_e} \right) \mathbf{U}_0 + \frac{\nabla n_0}{n_0 e} \right] \Delta T_e, \quad (1)$$

где $\hat{\sigma}^e$ – электронная часть тензора проводимости ионосферной плазмы, v_e – частота столкновений электронов с нейтралами и ионами, T_e – температура электронов, ΔT_e – изменение температуры электронов в поле волны, n_0 – невозмущенная электронная концентрация в ионосфере, \mathbf{U}_0 – скорость электронов относительно нейтралов, e и m – заряд и масса электронов. Объемная плотность тока \mathbf{J}_0 авроральной электроструи определяется выражением:

$$\mathbf{J}_0 = \hat{\sigma}(0) \left\{ \mathbf{E}_0 + \frac{1}{c} [\mathbf{v}_0 \mathbf{H}_0] \right\}, \quad (2)$$

где $\hat{\sigma}$ – тензор проводимости ионосферной плазмы для постоянного электрического поля, \mathbf{E}_0 и \mathbf{H}_0 – постоянные электрическое и магнитное поля, \mathbf{v}_0 – скорость нейтралов, c – скорость света.

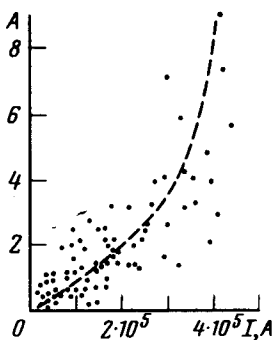


Рис. 2. Зависимость амплитуды НЧ излучения от силы тока в авроральной струе

Основные особенности генерации низкочастотного излучения в области электроструи могут быть получены на основе анализа выражений (1) и (2). Из сравнения первого члена выражения (1), описывающего нелинейный ток, обусловленный модуляцией силы трения, с выражением (2) следует $\mathbf{J}_\Omega \sim \mathbf{J}_0$. Максимум нелинейного тока расположен на высоте около 90 км, а электроструи – около 120 км. В силу этого амплитуды

да низкочастотного сигнала будет определяться не только параметрами тока, но и высотным профилем электронной концентрации. Второй член выражения (2) представляет нелинейный ток, обусловленный модуляцией давления. В этом случае нелинейный ток определяется только профилем электронной концентрации. Рассмотренные механизмы нелинейного детектирования предсказывают увеличение амплитуды низкочастотного сигнала в периоды суббурь, характеризующиеся увеличением плотностей токов и электронной концентрации в авроральной ионосфере. Отметим также, что если нелинейный ток обусловлен модуляцией ионосферных токов, то должна существовать тесная связь между амплитудой низкочастотного сигнала и параметрами электроструи.

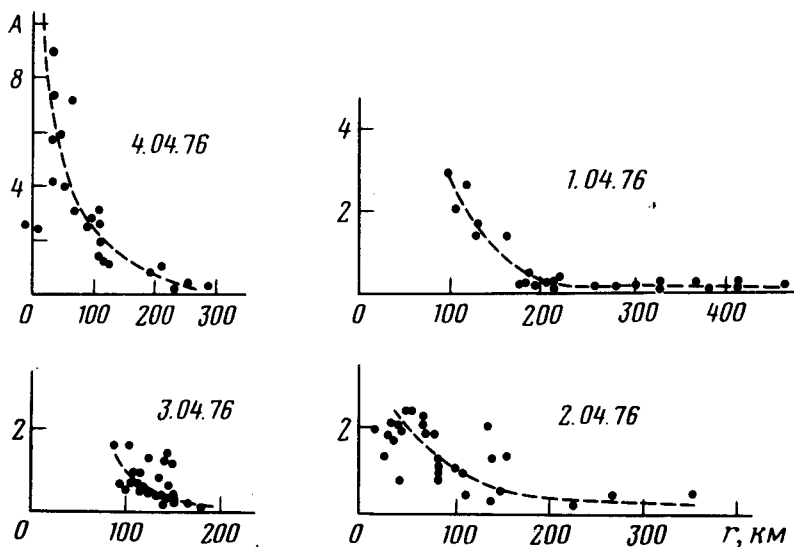


Рис. 3. Зависимость амплитуды НЧ излучений от положения токовой струи

На рис. 2 и 3 представлены зависимости интенсивности низкочастотного излучения от силы тока в авроральной электроструе и от ее положения по отношению к центру воздействия. Параметры токовой струи рассчитывались по наземным данным магнитных вариаций. Таким образом, экспериментальные данные подтверждают предсказания теории об увеличении амплитуды искусственного низкочастотного сигнала в периоды суббурь, причем амплитуда этого сигнала контролируется параметрами авроральной электроструи.

Авторы выражают признательность В.В.Мигулину и Г.Г.Гетманцеву за помощь в постановке задачи и создании экспериментальной установки; В.Ю.Трахтенгерцу, Н.А.Митякову, Г.А.Логинову за обсуждение полученных результатов.

Полярный геофизический институт
Кольского филиала
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
26 января 1977 г.

Литература

- [1] Г.Г.Гетманцев, Н.А.Зуйков, Д.С.Котик, Л.Ф.Мироненко, Н.А.Митяков, В.О.Рапопорт, Ю.А.Сазонов, В.Ю.Трахтенгерц, В.Я.Эйдман. Письма в ЖЭТФ, 20, 229, 1974.
- [2] Д.С.Котик, В.Ю.Трахтенгерц. Письма в ЖЭТФ, 21, 114, 1975.
-