

ДЕМОДУЛЯЦИЯ МОЩНЫХ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВОЛН В СУБАВРОРАЛЬНОЙ ИОНОСФЕРЕ В ДИАПАЗОНЕ ГЕОМАГНИТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

Ю.А.Копытенко, О.А.Молчанов, М.М.Могилевский
В.А.Бушмарин, В.Г.Еремеев, А.А.Иванов, В.В.Лизунов,
Ю.М.Маркеева, А.Ю.Щекотов, М.М.Погребников

Обнаружен эффект демодуляции мощных сигналов субавроорального ОНЧ передатчика, работавшего на частотах $f_0 = 17 + 35$ кГц с амплитудной модуляцией $f_m = 0,5$ Гц. Из анализа амплитуд ($\sim 0,5 - 5,0$ мV) трех магнитных компонент демодулированной волны делается вывод, что демодуляция обусловлена возбуждением меридионального электрического тока в ионосфере в результате нагревной нелинейности. Процесс демодуляции имеет тенденцию к насыщению при увеличении мощности и время релаксации ~ 30 сек.

В декабре 1976 года был проведен эксперимент "Юлиана-3" по наблюдению эффектов воздействия мощных модулированных посылок субавроорального ОНЧ передатчика на ионосферу и магнитосферу Земли ($\Phi \sim 60^\circ$, несущая частота $f_0 = 17 - 35$ кГц, частота амплитудной модуляции $f_m = 0,02 - 0,5$ Гц). Длительность воздействия менялась от 1 мин до 1 часа с общей продолжительностью сеансов 3 часа в интервалы с 03 до 06 часов московского времени в течение 3 ночей 10, 12 и 14 декабря 1976 г. Большую часть времени излучалась электромагнитная волна с амплитудной модуляцией на частоте $f_m = 0,5$ Гц и именно в этом режиме был обнаружен эффект демодуляции в ионосфере. Наблюдение сигнала демодуляции велось на расстоянии ~ 500 км к северо-западу от ОНЧ передатчика на специальный трехкомпонентный регистратор геомагнитных пульсаций (периодами $0,2 + 120$ сек) с чувствительностью ~ 1 мV/ $\sqrt{\text{Гц}}$ для пульсаций типа РС-1. На выходе регистратора был включен инфранизкочастотный активный фильтр на гиляторах с высокой добротностью, частотой настройки $0,5$ Гц и постоянной времени 6 сек. Сигнал фильтра записывался на самописец (5 мм/сек), куда также была выведена запись всех компонент геомагнитных пульсаций в широкой полосе, меток времени и огибающей посылок передатчика. Кроме того, пульсации типа РС-1 в диапазоне периодов $0,2 \div 5$ сек записывались на аналоговый магнитофон с медленной протяжкой ~ 1 мм/сек. Анализ магнитофонных записей производился с помощью спектроанализатора "Саногрaф" при соответствующем увеличении скорости протяжки магнитной ленты ($1 \div 240$).

Во всех трех сеансах сигнал демодуляции с частотой $f_m = 0,5$ Гц регистрировался достаточно уверенно на выходе узкополосного фильтра и был особенно интенсивен для D-компоненты магнитного поля. На рис. 1 (верхние строки) приведены типичные образцы записи узкополосного D-канала для частот воздействия 35 кГц (1, а), 28 кГц (1, б) и 17 кГц

(1 е). На нижней строке каждого образца приводится запись огибающей исходных посылок передатчиков.

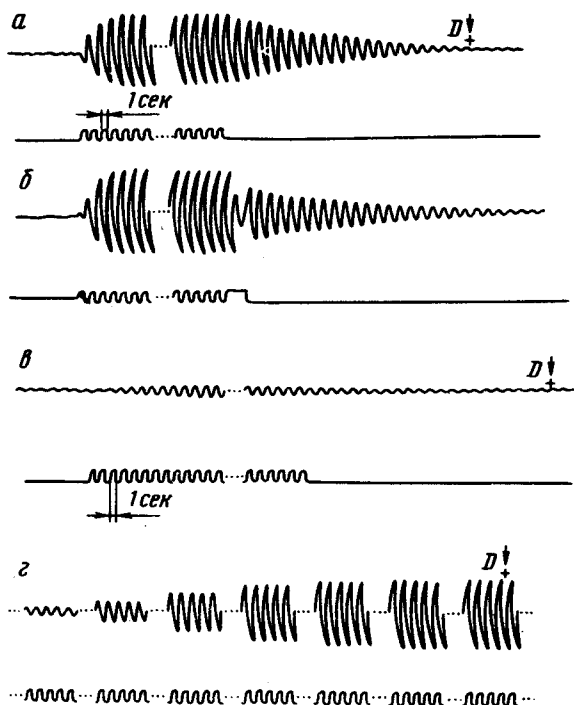


Рис. 1.

Амплитуда сигнала равна $4,0 \mu\text{v}$; $5,1 \mu\text{v}$ и $0,7 \mu\text{v}$ соответственно. Поскольку мощность излучения передатчика в данных случаях была примерно одинакова, это свидетельствует в пользу ионосферного механизма возбуждения сигнала демодуляции, так как коэффициент прохождения ОНЧ волн через ионосферу падает с увеличением частоты. На рис. 1, а и 1, б заметно также, что процесс имеет время релаксации $\sim 20 \div 30 \text{ сек}$, причем с помощью калибровки было установлено, что это не связано с затуханием фильтра регистратора. Другой особенностью механизма демодуляции является тенденция к насыщению, демонстрируемая на рис. 1, в. Здесь приведены образцы записи узкополосного D-канала ($f_0 = 35 \text{ кГц}$) при последовательном изменении мощности воздействия в два раза от максимальной P_{max} до $0,02 P_{max}$ (справа налево). Видно, что амплитуда в зависимости от P меняется линейно лишь для малых значений P и практически не растет для $P > 0,25 P_{max}$.

На рис. 2 представлены сонаграммы динамических спектров пульсации по каждой из компонент в интервале $03^h \div 06^h$ местного времени 14 декабря в полосе частот $0,1 \div 2,0 \text{ МГц}$. Передатчик работал в периоды $03^h 00^m - 03^h 20^m$, $03^h 25^m \div 03^h 45^m$, $03^h 50^m \div 04^h 10^m$ и $05^h 35^m \div 06^h 00^m$ с модуляцией $f_m = 0,5 \text{ МГц}$, причем в первом и последних периодах менялась мощность. Сигнал демодуляции отчетливо прослеживается на D-канале (1 и 3 гармоники f_m), виден на Z-канале при максимальной мощности воздействия и практически не виден на H-канале. Результаты за другие сеансы аналогичны приведенному. Такой эффект возмо-

жен в случае возбуждения сигнала демодуляции меридиональными токами в ионосфере. Заметим, что появление сравнительно широкополосного излучения ($0,5 \div 0,7$ иц) во время $04^h00^m \div 04^h40^m$ сразу же после дополнительного периода ОНЧ воздействия можно рассматривать как стимуляцию геомагнитных пульсаций, что не противоречит выводам работы [1] и статистическим оценкам работы [2, 3]. Однако, преобладание H -составляющей излучения по сравнению с другими компонентами указывает на то, что механизм стимуляции отличен от механизма демодуляции и, возможно, имеет магнитосферное происхождение.

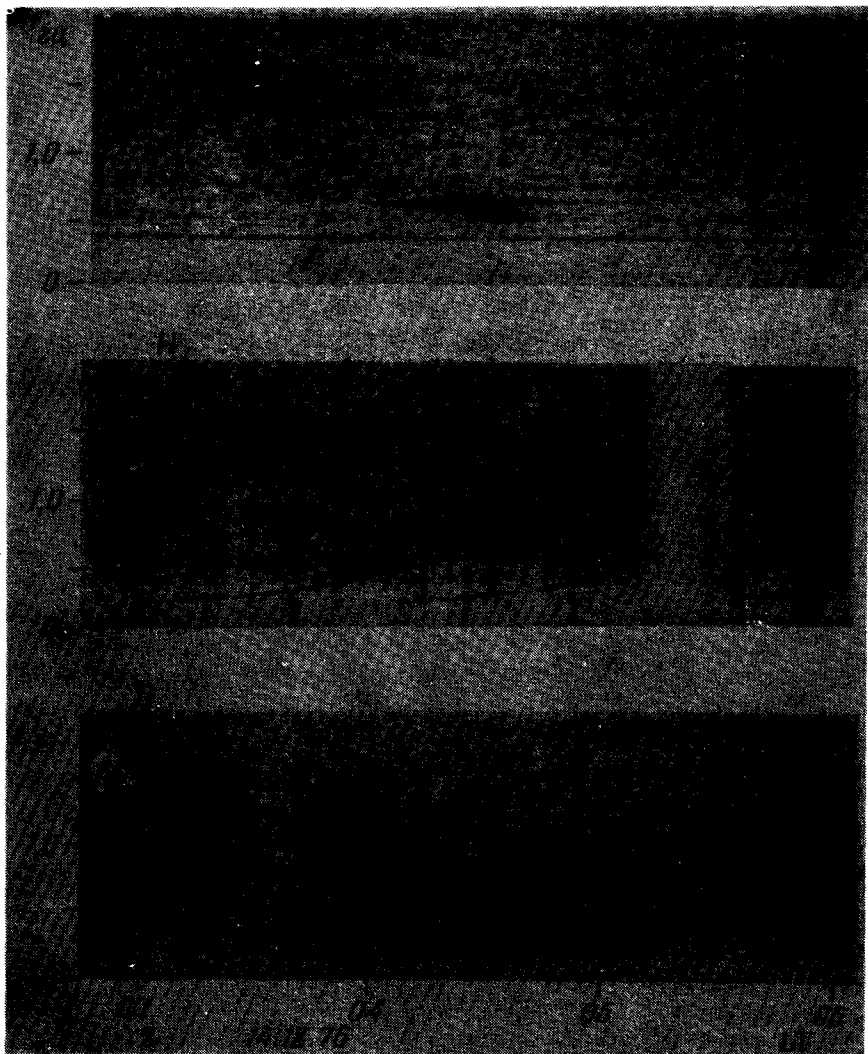


Рис. 2.

Демодуляция может возникнуть в результате нагревных изменений проводимости ионосферных токов. Такое предположение, высказанное в работе [4], привлекается для объяснения демодуляции мощного КВ передатчика в ОНЧ диапазоне. Отличие процесса демодуляции в нашем эксперименте от [4]: увеличение эффективности демодуляции (на два — три порядка); смещение области возмущения на высоты ~ 100 км из-за локализации здесь авроральных ионосферных токов; преобладание возмущения педерсеновской проводимости по сравнению с холловской, что и приводит в основном к возбуждению меридионального тока на частоте f_m .

Авторы благодарны В.В.Прохорову за помощь в работе.

Институт земного магнетизма,
ионосферы и распространения
радиоволн

Поступила в редакцию
21 января 1977 г.

Литература

- [1] J.W.Willis, J.R.Davis. J.Geophys. Res., 81, 1420, 1976.
 - [2] A.C.Fraser-Smith, C.A.Cole. J.Geophys. Res. Lett., 2, 146, 1975.
 - [3] В.М.Чмырев, В.К.Ролдугин, И.А.Жулин, М.М.Могилевский, В.И.Ди, В.К.Кошелевский, В.А.Бушмарин, О.М.Распопов. Письма в ЖЭТФ, 23, 452, 1976.
 - [4] 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.
-