

УДК 621.371.25

ВОЗБУЖДЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ИОНОСФЕРУ ИЗЛУЧЕНИЕМ МОЩНОГО КОРОТКОВОЛНОВОГО ПЕРЕДАТЧИКА

*Г. Г. Гетманцев, А. В. Гутьельми, Б. И. Клайн, Д. С. Котик,
С. М. Крылов, Н. А. Митяков, В. О. Рапопорт,
В. Ю. Трахтенгерц, В. А. Троицкая*

Обнаружены пульсации геомагнитного поля при воздействии на ионосферную плазму излучением КВ радиопередатчика. Передатчик на частоте 4,61 МГц модулировался меандром и работал на антенну с вертикальной диаграммой направленности. В приемном пункте на расстоянии 105 км от передатчика зарегистрировано квазимонохроматическое излучение с частотой 3,1 Гц, соответствующей частоте амплитудной модуляции передатчика.

Эксперименты по искусственному воздействию на ионосферу полем мощного коротковолнового радиопередатчика привлекают большое внимание, так как открывают возможности исследования нелинейных плазменных процессов при соотношении параметров, которые трудно воспроизвести в лабораторных условиях. В [1] изложены первые результаты по возбуждению в ионосфере искусственного электромагнитного излучения на частотах модуляции КВ сигналов в диапазоне 1—7 кГц. Представляет интерес поиск аналогичных эффектов в диапазоне от долей герца до нескольких герц. При переходе к столь низким частотам (диапазон геомагнитных пульсаций), вообще говоря, становится существенным влияние ионной компоненты ионосферной плазмы. Теоретические оценки величины нелинейных эффектов не могут считаться достаточно надежными (см., например, [2]), поэтому для выяснения вопроса решающее значение имеет активный эксперимент.

В период с 30 июня по 18 июля 1975 г. была проведена серия измерений с целью обнаружить электромагнитные сигналы в герцовом диапазоне, возбуждаемые в ионосфере модулированным КВ излучением. Радиопередатчик мощностью $P = 130$ кВт работал сеансами в дневные часы на частоте 4,61 МГц в импульсном режиме с одинаковой длительностью импульса и паузы и с частотой следования импульсов F в пределах от 0,01 до 3,1 Гц. Антенна имела вертикальную диаграмму направленности, коэффициент усиления $G = 150$. Приемная аппаратура была расположена в 105 км восточнее передатчика. Регистрация сигналов велась индукционным магнитометром с малыми собственными шумами, не превышающими 1 мГ на частоте 1 Гц [3]. Запись велась с помощью аналогового магнитофона. Магнитная лента обрабатывалась на динамическом спектре-анализаторе.

Высокий уровень активности естественных геомагнитных пульсаций не позволил обнаружить искусственное излучение ионосферы в диапазоне частот 0,01—0,7 Гц, которое должно возникать на частоте модуляции. Для анализа оказались пригодными сеансы, в которых частота

амплитудной модуляции составляла $F = 3,1$ Гц. В двух сеансах обнаружен эффект возбуждения квазимонохроматических сигналов на частоте модуляции КВ передатчика.

Первое событие показано на рис. 1 вверху. По вертикальной оси отложена частота, по горизонтальной — мировое время. В этом сеансе (7 июля 1975) передатчик работал в интервале от 0646 до 0652 UT (отмечено вертикальными стрелками), частота модуляции $F = 3,1$ Гц (горизонтальная стрелка). На сонограмме отчетливо виден сигнал на частоте $F = 3,1$ Гц, начинающийся с небольшим запаздыванием после включения и оканчивающийся в момент выключения передатчика. Амплитуда колебаний порядка нескольких $m\mu$. Второе событие было зарегистрировано в тот же день с 0846 по 0852 UT в очередном сеансе на частоте модуляции $F = 3,1$ Гц (см. рис. 1, внизу).

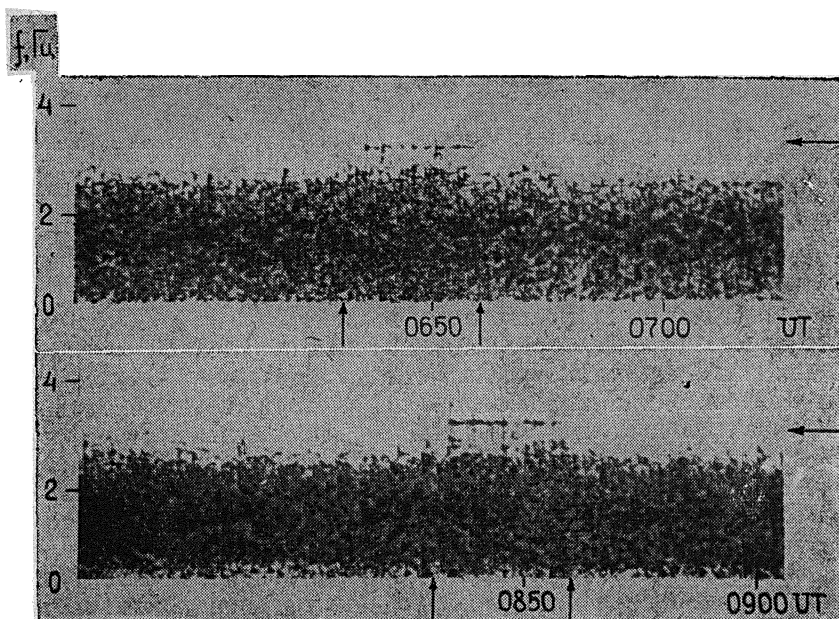


Рис. 1. Динамический спектр колебаний, возбужденных полем мощного радиопередатчика.

В обоих случаях сигнал наблюдался как по с.-ю., так и по в.-з. компонентам магнитного поля, причем амплитуда в.-з. компоненты была в 2—3 раза больше, чем с.-ю.

В других сеансах эффект обнаружить не удалось. Чтобы установить, чем была обусловлена выделенность двух сеансов 7 июля 1975 г., мы провели по совокупности наземных данных анализ геомагнитной обстановки во время эксперимента. В период с 30 июня по 18 июля произошла одна магнитная буря, начавшаяся 6 июля. Эффект (рис. 1) был обнаружен в интервале между внезапным началом SSC и взрывной фазой бури. Момент SSC соответствует первому контакту межпланетной ударной волны с магнитосферой; а взрывная фаза обусловлена резкой интенсификацией кольцевого тока. Без дополнительного исследования трудно сказать, как соответствующие условия в магнитосфере могли стимулировать появление эффекта. Однако ясно, что, во-первых, условия наблюдений 7 июля были необычными, и, во-вторых, что аналогичных условий за все время эксперимента больше не возникало.

Обнаруженный эффект, вероятно, связан с модуляцией ионосферной токовой системы мощным радиоизлучением. Как известно, токи в ионосфере текут в сравнительно тонком слое, в так называемой динамо-области (*E*-слой). Нагрев *E*-слоя модулированным полем КВ передатчика приводит к вариациям электронной частоты столкновений, от которой зависят компоненты тензора проводимости. В результате в области нагрева возникает периодическая модуляция ионосферного тока, возбуждающего магнитные пульсации.

Материалы эксперимента были использованы также для изучения влияния ионосферной неоднородности, создаваемой КВ передатчиком, на поле магнитных пульсаций естественного происхождения. Обнаружена тенденция к небольшому понижению амплитуды естественных геомагнитных пульсаций с периодами 15—30 с после включения передатчика. Обратная картина наблюдается в герцовом диапазоне (рис. 1). Этот результат, однако, нуждается в проверке на статистически более полном материале.

В заключение обратим внимание на интересную возможность. Измерения производятся в ближней зоне ионосферного источника, т. е. на расстояниях, малых по сравнению с длиной волны ($\lambda \ll r$). Источник относится, вероятно, к типу электрического диполя [2]. Известно, что в ближней зоне дипольного излучателя электрическое поле в (λ/r) раз больше магнитного [4]. Поэтому естественно поставить вопрос об исследовании возмущений геоэлектрического поля при действии на ионосферу мощного радиоизлучения.

Авторы выражают благодарность Г. П. Комракову, Н. А. Зуйкову, Ю. С. Голубу, Б. В. Довбне и Н. Н. Русакову за помощь в проведении эксперимента.

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. Эйрман, Письма в ЖЭТФ, 20, 229 (1974).
2. J. W. Willis and J. R. Davis, J. Geophys. Res., 78, 5710 (1973).
3. С. М. Крылов, Б. Н. Казак, Н. Н. Русаков, сб. Физико-математические основы обработки магнитотеллурических наблюдений, изд. Наука, Хабаровск, 1976.
4. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Теория поля, Физматгиз, М., 1960.

Научно-исследовательский радиофизический институт

Поступила в редакцию
5 июля 1976 г.

EXCITATION OF MAGNETIC PULSATIОNS UNDER THE ACTION OF RADIATION OF A POWERFUL SHORT WAVE TRANSMITTER UPON THE IONOSPHERE

G. G. Getmantsev, A. V. Gul'el'mi, B. I. Klayn, D. S. Kotik, S. M. Krylov, N. A. Mityakov, V. O. Rapoport, V. Yu. Trakhtengerts, V. A. Troitskaya

The geomagnetic field pulsations are discovered under the action of HF transmitter radiation upon the ionospheric plasma. The antenna with the vertical radiation pattern was fed by the meander-modulated transmitter operated at 4.61 Mc/s. The receiver was at a distance of 105 km from the transmitter. Quasi-monochromatic radiation was observed at the frequency of 3.1 c/s corresponding to that of the transmitter amplitude modulation.