

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ  
И ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

УДК 551.510.535

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ  
КРУПНОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ИОНОСФЕРЫ**

Э. П. Абрагин, Л. Л. Базелян, [Г. Г. Гетманцев], Л. М. Ерухимов,  
Э. Е. Митякова, Н. А. Митяков, И. В. Попков, В. О. Рапопорт, В. П. Урядов

Как известно [1, 2], при прохождении радиоволн через возмущенную область имеют место рефракция и рассеяние радиоволн на малые углы, обусловленные влиянием искусственных крупномасштабных неоднородностей ( $l \geq 1$  км). В этой связи для диагностики крупномасштабных неоднородностей и исследования их влияния на распространение коротких радиоволн значительный интерес представляет использование узконаправленных антенных систем.

В настоящей работе изложены предварительные результаты исследования искусственных крупномасштабных неоднородностей, полученные с помощью узконаправленной, сканируемой по углам антенны радиотелескопа УТР-2\*.

Эксперимент проводился на трассе Магадан—Горький—Харьков в период с 1 по 5 октября 1979 г в вечерние часы (18<sup>h</sup>—24<sup>h</sup>) московского времени. Передатчик в Магадане работал в режиме несущей на двух фиксированных частотах: 14,5 и 16,2 МГц.

Возмущение ионосферы осуществлялось в двух пунктах: в Зименках радиопередатчик со средней мощностью ~ 200 кВт излучал вертикально вверх волны обыкновенной поляризации на двух частотах: 4,6 и 5,75 МГц на антенны с к. н. д. ~ 100, в Васильсурске радиопередатчик со средней мощностью ~ 100 кВт излучал на четырех частотах 4,785, 5,455, 5,828 и 7,815 МГц на антенны с к. н. д. ~ 50.

В качестве приемной антенны использовалась антенна УТР-2, которая в одной из главных плоскостей формирует пять лучей с общей угловой шириной ~ 4°.

Схема эксперимента и геометрия лучей в азимутальной плоскости относительно дуги большого круга Магадан—Харьков показана на рис. 1.

Нагревные передатчики работали либо попеременно, либо одновременно циклами +3<sup>m</sup>—2<sup>m</sup> и +6<sup>m</sup>—9<sup>m</sup>. Всего было проведено порядка 100 циклов нагрева. Из них примерно в 30 сеансах было обнаружено влияние возмущенной области на распространение радиоволн. Эффект воздействия искусственных ионосферных возмущений проявлялся как в увеличении среднего уровня амплитуды сигнала, так и в изменении спектра его флуктуаций. На рис. 2 представлен пример записи амплитуды сигнала на частоте 14,5 МГц во время работы нагревного передатчика в Зименках. Характерные времена возрастания и спада среднего уровня принимаемого сигнала, коррелируемые с циклом нагрева, составляют соответственно 1—2 минуты и 5—7 минут.

Как уже отмечалось, наряду с увеличением среднего уровня сигнала влияние искусственных неоднородностей проявлялось путем изменения тонкой структуры сигнала. Для анализа флуктуационных характеристик была проведена статистическая обработка, которая включала вычисление автокорреляционных функций амплитуды сигнала и спектра флуктуаций в период работы нагревного передатчика и спустя 1,5 минуты после

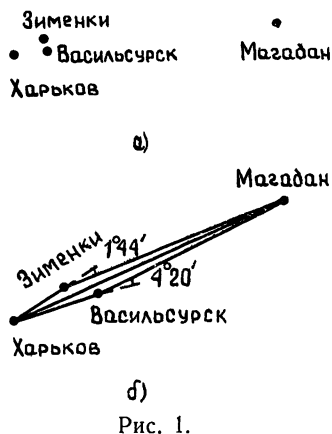


Рис. 1.

\* Антенна расположена вблизи Харькова на радиоастрономической обсерватории ИРЭ АН УССР.

его выключения. Статистические характеристики вычислялись на ЭВМ по стандартным программам. Согласно расчетам во время нагрева значение временного радиуса корреляции смещается в сторону меньших значений по сравнению с его значениями в паузе.

О появлении в спектре сигнала высокочастотных составляющих во время прохождения его через область возмущения свидетельствуют и результаты спектральной обработки участков записей в периоды нагрева и паузы. На рис. 3 представлены ненормированные спектры амплитудных флуктуаций сигнала для различных лучей (сплошная кривая — при нагреве, пунктирная кривая — при паузе). Из рисунков видна раз-

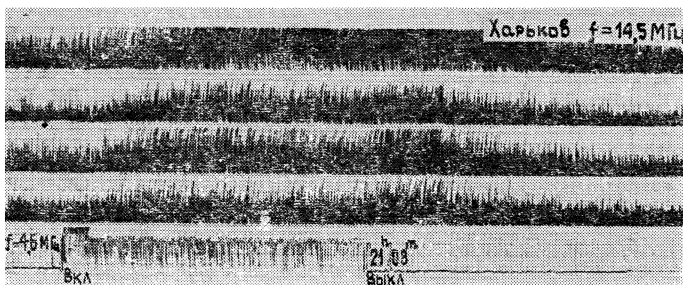


Рис. 2.

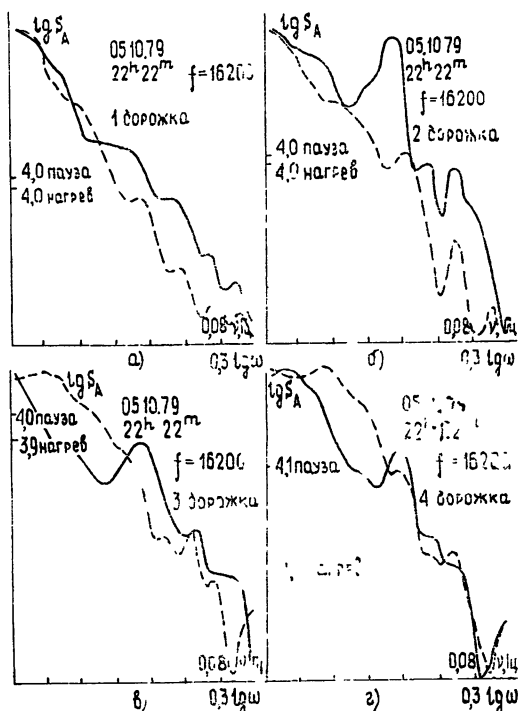


Рис. 3.

ница формы спектров для различных лучей. Так, для второго, третьего и в меньшей степени для четвертого лучей в спектрах четко выражено наличие максимума вблизи  $\nu \sim 0,04-0,05$  Гц, что для скоростей  $v \sim 50-100$  м/с соответствует масштабам неоднородностей  $l \sim 1-2$  км. Наличие в спектрах, построенных для паузы, небольших максимумов, по-видимому, связано с остаточным эффектом релаксации искусственных неоднородностей.

Полученные данные можно интерпретировать аналогично [3], где по результатам просвечивания возмущенной области радиоизлучением ИСЗ обнаружен источник неоднородностей в области масштабов  $l \sim 0,5-1$  км, рассеяние на которых будет приводить к изменению спектра амплитудных флуктуаций

Различный характер спектра флуктуаций в соседних лучах позволяет оценить угол рассеяния. Согласно расчетам, флукуационный набег фазы волны  $S_0^2 = \pi^5 2(f_0^4/f^4) \times \times (L/l\lambda^2) (\Delta N/N)^2$  для значений плазменной частоты  $f_0 \sim 6,3$  МГц, частоты радиоволны  $f = 16,2$  МГц, толщины слоя  $L \sim 50$  км, масштаба неоднородностей  $l = 1$  км и среднеквадратичного значения флуктуаций электронной концентрации  $(\Delta N/N)^2 = = 10^{-4}$  принимает значение  $S_0^2 \approx 6$ , что приводит к многократному рассеянию и появлению дополнительной многолучевости. При этом угол рассеяния  $\theta_s = \lambda S_0 / \pi l \sim 50^\circ$ , что согласуется с различным характером записи амплитудных флуктуаций в соседних лучах, диаграммы которых «вырезают» в области возмущения участки шириной  $\sim 50^\circ$ .

Вопрос о возрастании среднего уровня сигнала непосредственно связан с угловым спектром радиоволн в области нагрева. Для анализа условий распространения радиоволн и определения углового спектра были использованы прогнозные ионосферные данные с привязкой их к ионограммам, снятым в пункте нагрева. Как показали расчеты лучевых траекторий и потенциальной функции, в нашем случае, когда диаграмма антенны была ориентирована под углом  $\alpha_{cp} = 16^\circ$  к горизонту, осуществлялся прием скачковых лучей. При этом значительное (до двух раз) увеличение амплитуды принимаемого сигнала\*, большие времена релаксации ( $\tau_p \sim 5-7$  мин) указывают на рефракционный механизм доворота, обусловленный фокусировкой КВ сигнала на крупномасштабном ионосферном возмущении.

Вместе с тем, необходимо указать, что определенный вклад в амплитуду сигнала может вносить ракурсное рассеяние на неоднородностях с масштабами  $l \lesssim 100-200$  м, особенно при рассеянии на неоднородностях возмущенной области, создаваемых нагревным передатчиком в Васильсурске, когда углы рассеяния в азимутальной плоскости  $\geq 4^\circ,5$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бочкарев Г. С., Букин Г. В., Гетманцев Г. Г. и др. — Изв. вузов — Радиофизика, 1977, 20, № 1, с. 158
2. Бенедиктов Е. А., Горохов Н. А., Игнатьев Ю. А. и др. — Изв. вузов — Радиофизика, 1980, 23, № 4, с. 502.
3. Ерухимов Л. М., Митякова Э. Е. и др. — Изв. вузов — Радиофизика, 1977, 20, № 12, с. 1814.

Научно-исследовательский  
радиофизический институт

Поступила в редакцию  
10 октября 1980 г.

УДК 621 372 2

### НАБЛЮДЕНИЕ СОЛИТОНОВ В ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ С НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА

*В. Ф. Марченко, А. М. Стрельцов*

Распространение солитонов, как правило, экспериментально исследовалось в слабодиспергирующих средах с квадратичной нелинейностью, в которых влияние нелинейностей более высоких порядков незначительно. Малоизученным остается вопрос о характеристиках солитонов в центросимметричной среде со слабой дисперсией. Модель такой среды может быть экспериментально реализована на основе линии передачи, в которой в качестве нелинейных элементов используются пары МДП-варикапов. Вольт-фарадная характеристика (ВФХ) двух включенных встречно-параллельно варикапов в зависимости от постоянного смещения на каждом из них

\* Следует отметить, что эффект сильнее выражен в том случае, когда нагревный передатчик работает на антенну с более широкой диаграммой направленности.