

1. Utlaut W. F. — Proc. IEEE, 1975, 63, p. 1022.
2. Беликович В. В., Бенедиктов Е. А., Гетманцев Г. Г. и др. — УФН, 1974, 113, с. 732
3. Беликович В. В., Бенедиктов Е. А., Гетманцев Г. Г. и др. — Изв. вузов — Радиофизика, 1975, 18, № 4, с. 516.
4. Беликович В. В., Бенедиктов Е. А., Ерухимов Л. М. и др. Тезисы докладов XII Всесоюзной конференции по распространению радиоволн — М.: Наука, 1978, 1, с. 102.

Научно-исследовательский  
радиофизический институт

Поступила в редакцию  
28 мая 1980 г

УДК 551 510 535.4

## ИСКУССТВЕННЫЕ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ПЛАЗМЫ В НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЕ

*В. В. Беликович, Е. А. Бенедиктов, С. А. Дмітрцев, Г. И. Тёрина*

В работах [1, 2] рассмотрено образование квазипериодических искусственных неоднородностей плазмы в поле стоячих волн мощного коротковолнового радиоизлучения. Там же изложены результаты исследований этих неоднородностей в *F*- и *E*-областях ионосферы методом обратного резонансного рассеяния пробных радиоволн. В настоящей работе приводятся экспериментальные данные об искусственных неоднородностях на более низких высотах ионосферы.

Эксперименты были проведены зимой 1979—1980 гг. Возмущающий передатчик с эквивалентной мощностью порядка 20 МВт излучал необыкновенную компоненту на частоте  $f_1 = 5,75$  МГц. В процессе экспериментов он включался периодически на 10—20 с. Передатчик пробных волн работал в импульсном режиме на частотах  $f_2 = 5,5 \div 5,75$  МГц. Длительность зондирующих импульсов составляла 50 или 100 мкс, а частота их повторения была равна 50 Гц. Регистрация высотного распределения амплитуды рассеянных сигналов  $A(h)$  велась на фотопленку с экрана осциллографа. Одновременно с фиксированных высот  $h_i$  на ленту самописца записывались изменения во времени  $A(h_i, t)$ .

Обратнорассеянные сигналы наблюдались регулярно в интервале высот 75—115 км. Их амплитуды были на 40—70 дБ ниже уровня зеркального канала, а время релаксации изменялось в пределах от десятых долей секунды до нескольких секунд. Высота рассеяния обыкновенной компоненты пробных радиоволн уменьшалась с приближением частоты  $f_2$  к частоте  $f_1$  возмущающегося радиоизлучения в соответствии с условием пространственного синхронизма [3]:

$$f_1 n_1^x = f_2 n_2^0 \quad (1)$$

Здесь  $n_1^x$  и  $n_2^0$  — показатели преломления обыкновенной и необыкновенной компонент радиоволн.

При работе непосредственно на частоте  $f_2 = f_1$  возникало, как и следовало ожидать, обратное рассеяние необыкновенной компоненты во всем интервале высот. Это рассеяние видно с 75 до 115 км на первом из трех кинокадров (рис. 1), снятых с выдержкой 1 с после выключения мощного передатчика. На этом же и последующих кинокадрах видны изменения в распределении  $A(h, t)$ , обусловленные процессом релаксации. Характерное время  $\tau$  этого процесса удобно находить из записей  $A(h_i, t)$  на лентах самописца. На рис. 2 показаны примеры таких записей, полученных 28 января на высоте 83 км (рис. 2а) и 25 января на высотах 82 и 76 км (рис. 2б и 2в соответственно). Время на рис. 2 отсчитывается с момента выключения возмущающего передатчика. Небольшие флуктуации сигнала вызваны помехами. Описывая процессы исчезновения неоднородностей экспонентой, можно характеризовать их временем релаксации  $\tau$ , которое находится из соотношения  $A(\tau) = 0,37 A(0)$ . На рис. 3 представлена зависимость  $\tau(h)$ , полученная 17.3.1980 г в околополуденные часы. Величины  $\tau$ , указанные точками, определены по релаксации сигнала необыкновенной компоненты на  $f_2 = 5,75$  МГц. Другие обозначения соответствуют рассеянию обыкновенной компоненты на частотах  $f_2 = 5,701$  МГц (кружки), 5,665 МГц (треугольники) и 5,545 МГц (крестики). Как следует из рис. 3, время релаксации не зависит от частоты пробной волны и возрастает с уменьшением высоты от  $\tau = 0,3$  с на  $h = 115$  км до  $\tau = 2 \div 3$  с на  $h = 83$  км. Обратим внимание на значительный разброс результатов измерений ниже 90 км, свидетельствующий о заметных изменениях  $\tau$  на этих высотах за сравнительно короткий промежуток времени.

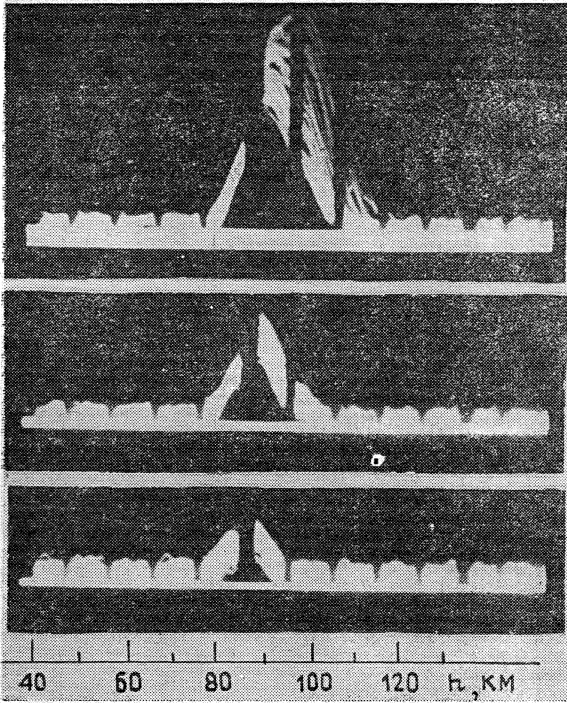


Рис. 1

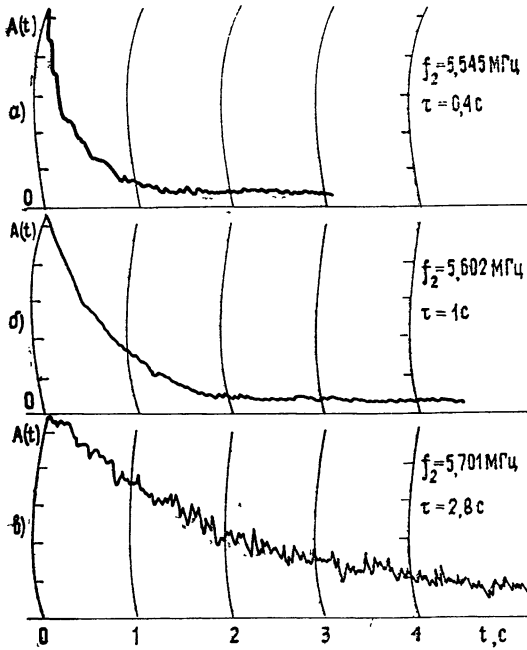


Рис. 2.

Кратко остановимся на интерпретации экспериментальных данных. Характер высотной зависимости  $A(h)$  с максимумом вблизи  $h = 90 \div 95$  км (рис. 1) объясняется действием двух факторов — увеличением амплитуды тепловых периодических неоднородностей  $\Delta T/T$  с понижением высоты [2] и ростом электронной концентрации с высотой. Время релаксации на высотах  $h > 90$  км определяется амбиполярной диффузией:

$$\tau = 1/k^2 D_a = M v_{im} / k^2 \chi (T_e + T_i), \quad (2)$$

где  $k$  — пространственный параметр периодической структуры неоднородностей. Ниже 90 км измеренные значения  $\tau$  оказались существенно меньше рассчитанных по формуле (2). По всей видимости, в области  $h < 90$  км существенную роль играют другие механизмы релаксации неоднородностей, например рекомбинация и турбулентная диффузия.

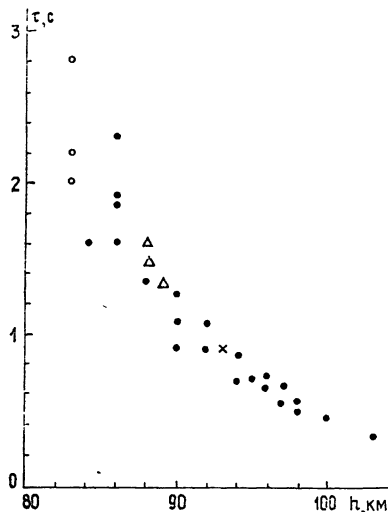


Рис. 3.

Отметим в заключение, что условие (1) было использовано в [4] для определения концентрации электронов выше максимума  $E$ -слоя. Проведенные эксперименты показали практическую возможность применения этого метода измерений и на более низких высотах. Очевидно также, что наблюдения релаксационных процессов являются ценным источником сведений о других параметрах нижней ионосферы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беликович В. В., Бенедиктов Е. А., Иткина М. А. и др. — Изв. вузов — Радиофизика, 1977, 20, № 12, с. 1821.
2. Беликович В. В., Бенедиктов Е. А., Тёрина Г. И. — Изв. вузов — Радиофизика, 1978, 21, № 10, с. 1418.
3. Беликович В. В., Бенедиктов Е. А., Гетманцев Г. Г. и др. — Изв. вузов — Радиофизика, 1978, 21, № 8, с. 1221.
4. Беликович В. В., Бенедиктов Е. А., Гуляева Т. Л., Тёрина Г. И. — Геомагнетизм и аэронавигация, 1979, 21, № 6, с. 1012.

Научно-исследовательский  
радиофизический институт

Поступила в редакцию  
20 мая 1980 г.

УДК 533.951

### КОЛЕБАНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПЛАЗМЫ В СКРЕЩЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ

М. В. Буртыка, С. И. Ханкина, В. М. Яковенко

Исследованию поверхностных волн в плазме твердого тела в последнее время уделяется большое внимание. В изотропной плазме эти волны вблизи ленгмюровских частот являются медленными. Они существуют при условии, что частота волны  $\omega$  превосходит эффективную частоту столкновений  $\nu$ .