

Д О К Л А Д Ы
АКАДЕМИИ НАУК СССР

1960

Том 132, № 6

К. И. ГРИНГАУЗ и В. А. РУДАКОВ

**ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ИОНОСФЕРЕ
ПО ВРАЩЕНИЮ ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ РАДИОВОЛН,
ИЗЛУЧАЕМЫХ С РАКЕТ**

(Представлено академиком А. Н. Шуклиным 14 III 1960)

Целью настоящей заметки является изложение одного из методов измерения электронной концентрации в ионосфере, используемых при пусках геофизических ракет АН СССР на высоты 450 км и более, и изложение результатов, полученных этим методом во время пуска 27 VIII 1958 г. Метод основан на наблюдениях эффекта Фарадея; измерения осуществляются посредством наблюдения на Земле вращения плоскости поляризации радиоволн, излучаемых с вертикально запущенных ракет, стабилизированных относительно трех возможных осей вращения.

Из формул теории распространения радиоволн в ионосфере, учитывающей наличие магнитного поля Земли⁽¹⁾, нетрудно получить, что для достаточно высоких частот (при которых можно пренебречь поглощением радиоволн и считать коэффициенты преломления для право- и левовращающейся компонент близкими к единице)

$$\theta = \frac{e^3}{2\pi c^2 m^2} \frac{1}{f^2} \int_{L_1}^{L_2} H_L N dl. \quad (1)$$

Здесь θ — угол поворота плоскости поляризации при прохождении радиоволнами вдоль луча расстояния $L_2 - L_1$ при произвольном направлении распространения радиоволн относительно магнитного поля; e и m — заряд и масса электрона; H_L — компонента магнитного поля вдоль направления распространения; N — электронная концентрация. Все величины в (1) и далее — в гауссовой системе единиц.

Из (1) следует, что если $\theta = \pi$, то, считая величину H_L известной и неменяющейся на пути $L_2 - L_1$, можно среднюю электронную концентрацию на рассматриваемом участке пути записать как

$$N_{cp} = \frac{2\pi^2 c^2 m^2}{e^3} \frac{f^2}{L_2 - L_1} \frac{1}{H_L}. \quad (2)$$

С помощью формулы (2) можно простым способом определять распределение по высоте электронной концентрации в ионосфере при вертикальных пусках полностью стабилизированных при свободном полете ракет. Для этого достаточно на Земле вблизи от места запуска ракеты принимать на антенну с линейной поляризацией радиоволны достаточно высокой частоты, излучаемые с вертикально запущенной ракетой с помощью линейно поляризованной антенны, и регистрировать амплитуды принятых сигналов. Так как координаты ракеты для каждого момента времени полета известны, то, зная время, за которое плоскость поляризации принятых сигналов повернулась на π (от одного амплитудного минимума до соседнего), можно определить $L_2 - L_1$ и, зная H_L , найти N_{cp} на этом участке траектории ракеты.

Если ракета во время полета не стабилизирована, то измерения вращения плоскости поляризации радиоволн одной частоты нельзя использовать для измерения электронной концентрации; в этом случае для раз-

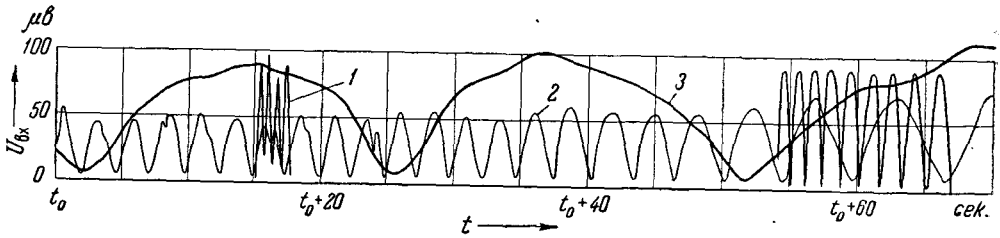


Рис. 1. Участок графика уровней сигналов с частотами $f = 24$ МГц (1), 48 МГц (2) и 144 МГц (3), принимавшихся во время полета ракеты 27 VIII 1958 г. (кривая для сигнала 24 МГц приведена неполностью)

деления поворота плоскости поляризации радиоволн, создаваемого ионосферой, от поворота, создаваемого за счет вращения передающих антенн,

требуется прием радиоволн, по крайней мере, двух различных частот, и обработка результатов весьма затрудняется.

При вертикальных пусках стабилизированных относительно трех возможных осей вращения ракет АН СССР в 1958 г. на них были установлены радиопередающие устройства, излучавшие когерентные линейно поляризованные радиоволны с частотами 24; 48 и 144 МГц (2). Прием этих радиоволн осуществлялся вблизи места запуска ракет с помощью горизонтальных антенн с двумя взаимноперпендикулярными линейными поляризациями; сигналы, принятые антенной каждой поляризации, поступали на вход отдельного приемного устройства. Напряжения на входе каждого приемного устройства регистрировались.

Во время полетов ракет наблюдались вращения плоскостей поляризации всех принимаемых радиоволн; максимальным значениям сигналов в антеннах с одной поляризацией соответствовали минимальные (нулевые) сигналы в антеннах с перпендикулярной поляризацией. На рис. 1 показаны изменения уровней

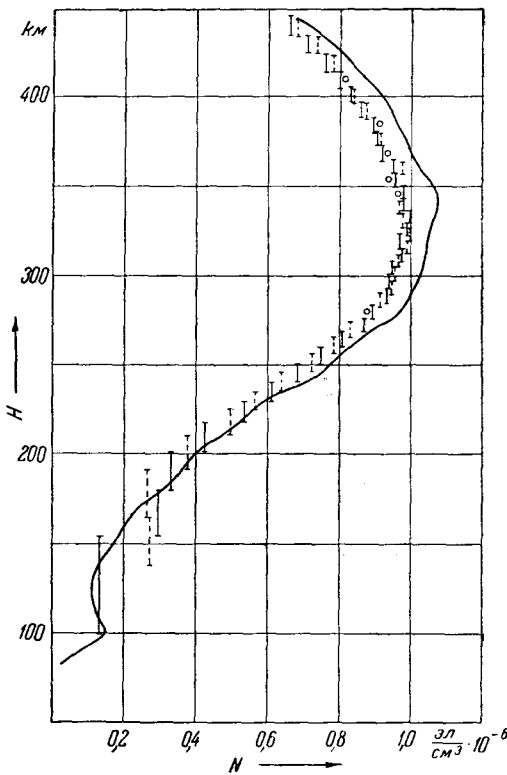


Рис. 2. Зависимость $N_{cp}(H)$, полученная 27 VIII 1958 г. Длины вертикальных отрезков соответствуют интервалам усреднения по высоте. Сплошные отрезки построены по практически совпадающим данным двух приемных пунктов, пунктирные — по данным третьего приемного пункта. Точка показывает совпадение значений для всех трех пунктов. Кривая, полученная по одновременным измерениям дисперсии радиоволн с частотами 48 и 144 МГц (2), приведена для сравнения

принятых сигналов на одном из участков траектории. На графиках от- тливо видна зависимость $\theta \equiv \frac{1}{f^2}$ (в соответствии в (1)), не оставляю-

щая сомнений в том, что зарегистрированные колебания вызваны эффектом Фарадея.

По данным вертикальных пусков указанных ракет были проведены определения средних электронных концентраций на проходимых ракетами интервалах высоты, соответствующих повороту плоскости поляризации радиоволн на угол $\theta = \pi$. Для этого использовалась формула (2), в которую подставлялась величина вертикальной компоненты геомагнитного поля H_L в соответствии с имеющимися данными о величинах напряженности магнитного поля и магнитного наклона в районе пуска ракеты.

На рис. 2 приведено распределение по высоте электронной концентрации в ионосфере $N_{\text{ср}}(H)$, полученное указанным способом по данным пуска ракеты АН СССР, проведенного 27 VIII 1958 г. в средних широтах Европейской части СССР. Начало пуска в 8 час. 06 мин. Для построения рис. 2 использованы результаты регистрации уровней сигналов с частотой 48 Мгц.

Сравнение распределения электронной концентрации по высоте, полученного при пуске ракеты АН СССР 21 II 1958 г. (2), с распределением, полученным 27 VIII 1958 г., показывает заметное различие между ними, состоящее в том, что во втором случае убывание с высотой концентрации электронов над максимумом слоя F было существенно более медленным.

Поступило
9 III 1960

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Н. Щ у к и н, Физические основы распространения радиоволн в ионосфере, М., 1940. ² К. И. Г р и н г а у з, ДАН, 120, № 6, 1934 (1958).