

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ГЕОМАГНЕТИЗМ
И
АЭРОНОМИЯ

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

6

МОСКВА · 1979

УДК 550.388.2

**ИССЛЕДОВАНИЯ В ИОНОСФЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ СПУТНИКА
«КОСМОС-378»**

**9. О ПРИРОДЕ ИОНИЗАЦИИ В АВРОРАЛЬНОЙ ЗОНЕ НОЧЬЮ
В ОБЛАСТИ F ИОНОСФЕРЫ**

Г. Л. Гдалевич, О. М. Пирог, А. П. Ремизов

1. В настоящее время общепринято, что ночная ионизация в авроральной зоне в основном обеспечивается корпускулярными потоками. Построение статических моделей ионосферы высоких широт производится по измеренным потокам авроральных электронов [1, 2]. Однако нам неизвестны работы, в которых сопоставлялись бы вычисленные по измеренным величинам корпускулярных потоков значения концентрации заряженных частиц с измеренными величинами концентрации тепловой плазмы. Поэтому в настоящем сообщении на основе данных спутника «Космос-378» [3, 4] приводятся результаты такого сопоставления для нескольких оборотов спутника вокруг Земли.

2. Измерения потоков электронов с энергией $E \leq 10$ кэВ проводились двумя электростатическими анализаторами [4] в пяти энергетических интервалах со средней энергией $E = 0,07; 1; 2,2; 4,2; 8,5$ кэВ соответственно. Энергетическое разрешение анализатора $\Delta E/E = 0,2$. Концентрация положительных ионов n_i измерялась при помощи

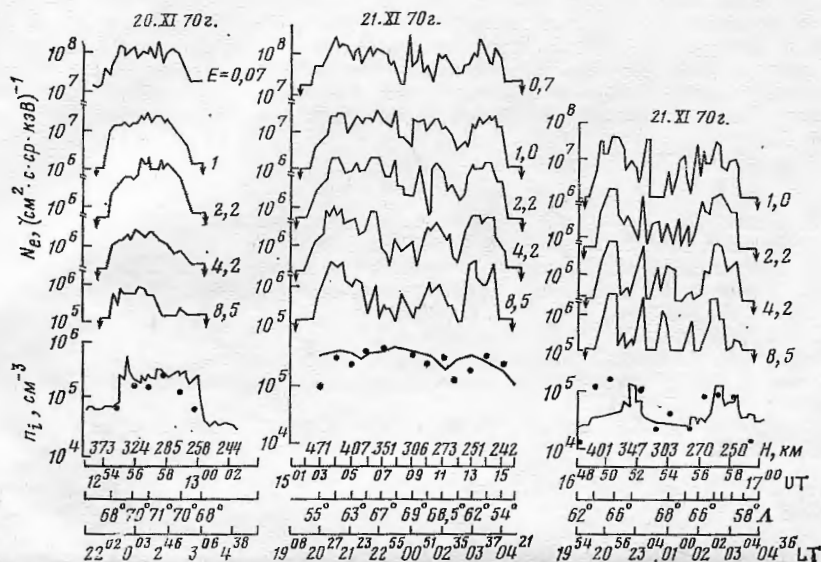
сферической трехэлектродной ловушки с «плавающим» потенциалом внешней сетки [3].

3. Для каждого витка энергетические спектры электронных потоков рассчитывались по пяти точкам через 1 мин. Спектры аппроксимировались экспоненциальными или степенными функциями вида:

$$I(E) \sim I_0 \exp(-E/E_0); \quad I(E) \sim I_0 E^{-\gamma},$$

где I_0 , E_0 и γ подбирались таким образом, чтобы все пять точек лежали на кривой спектра.

Для каждого полученного спектра вычислялись высотные профили скорости монообразования. Последние определены по методике Риса с использованием экспе-



риментальной функции диссипации энергии электрона [5]. В расчетах принята модель нейтральной экзосферы Янки-71 с температурой экзосферы 1000 К.

Ионная концентрация рассчитывалась из уравнения баланса ионизации в стационарном состоянии без учета члена движения [6]:

$$q = n_i / (1/\beta + 1/\alpha n_i).$$

Коэффициенты рекомбинации α и β зависят от высоты h , согласно [7], определяются следующим образом:

$$\alpha = 10^{-7} (300/T)^{3/2}, \quad \beta = 10^{-4} \exp[-(h-300)/H],$$

где T и H — температура нейтральной атмосферы и шкала высот нейтрального газа. На малых высотах ионная концентрация в основном определяется коэффициентом α , на больших (~ 200 км) начинает преобладать линейная рекомбинация и главную роль играет коэффициент β . Высота максимума n_e определяется уровнем, где происходит смена контролирующих механизмов с ионизационно-рекомбинационных на диффузионные, т. е. выполняется условие

$$3D/H^2 \approx \beta \quad [8], \quad \text{где [7]}$$

$$D = [0,7 \cdot 10^{17} / n(M)] T^{1/2} \sin I.$$

Для выбранной модели нейтральной атмосферы высота максимума F -области равна 270 км.

В работе [9] показано, что выше максимума ночной стационарный слой $F2$ хорошо аппроксимируется α -слоем Чепмена. Поэтому выше 270 км ионная концентрация рассчитана по формуле

$$n_i = n_0 \exp \frac{1}{2} \{ 1 - (h-h_m)/H - \exp[-(h-h_m)/H] \}.$$

Однако следует отметить, что, как показано в [9], справедливость формулы Чепмена для расчета n_i выше максимума ионизации исследовалась нами пока (из-за особенностей орбиты спутника) только в пределах высоты однородной атмосферы.

4. Сравним рассчитанные значения ионной концентрации с измеренными. На фигуре представлены результаты измерений на спутнике интенсивностей электронных потоков N_e и измеренные (кривые) и рассчитанные (точки) значения ионной концентрации n_i . Видно, что существует подобие широтного хода рассчитанных и измеренных значений n_i и сами значения концентраций достаточно близки. Некоторые отличия связаны с тем, что при расчете ионной концентрации не были учтены такие влияющие на ионизацию факторы, как горизонтальный дрейф ионизации, разогрев ионосферы, вертикальные движения, связанные с электрическими полями.

Таким образом, несмотря на использование модели нейтральной атмосферы Янки, которая недостаточно корректна для высоких широт, и то, что решалось стационарное уравнение непрерывности ионизации без членов движения с модельными значениями коэффициентов рекомбинации, получено хорошее соответствие рассчитанных и измеренных значений ионной концентрации. Результаты сравнения подтверждают гипотезу образования ночного аврорального F_2 -слоя высыпающимися электронными потоками и показывают, что для оценки ионизации электронными потоками можно использовать довольно простую методику, описанную в данной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Исаев, Н. К. Осипов. Геомагнетизм и аэрономия, 1977, 17, 667.
2. W. C. Knudsen et al. J. Geophys. Res., 1977, 82, 4784.
3. К. И. Грингауз, Г. Л. Гдалевич. Геомагнетизм и аэрономия, 1974, 14, 937.
4. А. П. Ремизов, М. З. Хохлов. Геомагнетизм и аэрономия, 1975, 15, 3.
5. M. H. Ries. Planet. Space Sci., 1964, 11, 1209.
6. I. A. Ratcliffe. J. Atmos. Terr. Phys., 1956, 8, 260.
7. I. P. Quim, I. S. Nisbet. J. Geophys. Res., 1965, 70, 413.
8. X. Рипбет. Тр. Ин-та инж. по электротехнике и радиоэлектронике, 1867, 55, 20 (пер. с англ.) ВИНТИ.
9. В. В. Афонин, Г. Л. Гдалевич, В. Ф. Губский, и др. Геомагнетизм и аэрономия, 1975, 15, 611.

Институт космических исследований
АН СССР

Статья поступила
10 апреля 1979 г.