

Ю. А. РОМАНОВСКИЙ, Л. Н. ПОГУЛЯЕВСКИЙ, И. А. ДУБОВ,
Е. Г. УЛЬЯНОВ

ОБ АНОМАЛИИ ИОННОГО СОСТАВА В ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ F2 ИОНОСФЕРЫ

(Представлено академиком Е. К. Федоровым 11 V 1975)

Распределение заряженных частиц в экваториальной ионосфере характеризуется рядом аномальных особенностей по сравнению со среднеширотной ионосферой, к числу которых можно отнести «экваториальную аномалию» в широтном распределении электронной концентрации ⁽¹⁾, мелко-масштабные неоднородности Ne ⁽²⁾, а также наличие ионов металлов на

высотах области F2 ⁽³⁾. В последнее время обнаружены значительные горизонтальные градиенты концентрации ионов в экваториальной области F2 ⁽⁴⁾. Предполагается, что особенности экваториальной ионосферы прямо или косвенно связаны с возмущающим действием полей экваториальной электроструи, которые изменяют распределение заряженных частиц, устанавливающееся под действием фотохимических и диффузионных процессов ⁽⁴⁾.

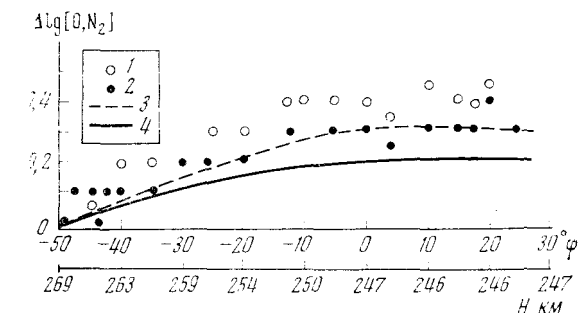


Рис. 1. Относительные изменения концентрации O и N₂ вдоль орбиты станции «Салют-1». 1, 3 — $\Delta \lg N_2$, 2, 4 — $\Delta \lg O$; 1, 2 — наши данные, 3, 4 — по модели ⁽⁶⁾

Степень и характер влияния экваториальной электроструи на распределение ионного состава остается, однако, неясной, что объясняется прежде всего малым количеством экспериментальных данных по вариациям ионного состава в экваториальной ионосфере.

В настоящей работе представлены некоторые результаты масс-спектрометрических измерений нейтрального и ионного состава экваториальной области F2, проведенных на борту долговременной орбитальной станции «Салют-1» в мае-июне 1971 г. Параметры орбиты станции в этот период были таковы: высота апогея 265 км, высота перигея 246 км, наклонение 51°. В дневное и ночное время станция находилась ниже максимума области F2. В эксперименте использовался радиочастотный масс-спектрометр МХ 6407П типа Беннета ⁽⁵⁾, который в период измерений был направлен по вектору скорости. Диапазон масс прибора составлял 1 — 50 а.е.м., чувствительность в режиме измерений ионного состава — 20 ион/см³, в режиме измерений нейтрального состава — около 10⁻⁹ тор.

Относительные измерения нейтрального состава вдоль орбиты одного из витков (виток 939) станции показаны на рис. 1; здесь же приводятся данные расчетов по модели нейтральной атмосферы Яккия ⁽⁶⁾ для условий эксперимента. Из приведенных данных следует, что наблюдается соответствие между высотным ходом атомного кислорода O и молекулярного азота N₂, измеренным в эксперименте и даваемым моделью.

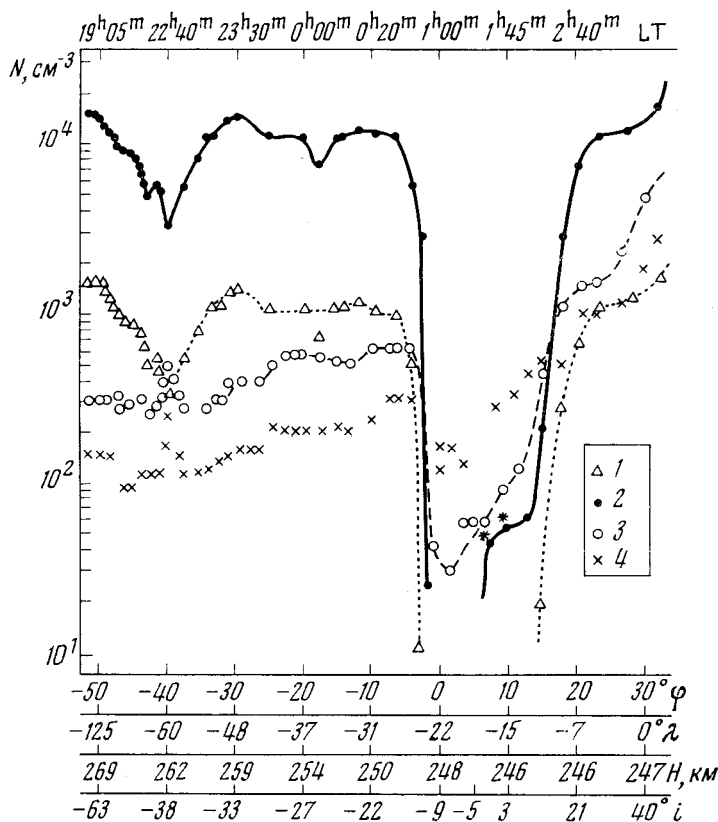


Рис. 2. Изменения ионного состава вдоль орбиты: 1 — H^+ ($\times 50$), 2 — O^+ , 3 — NO^+ , 4 — O_2^+ , N — концентрация частиц, φ — географическая широта, H — высота орбиты, λ — долгота, Pi — наклонение, LT — местное время

При измерениях ионного состава вдоль орбиты регистрировались ионы H^+ , N^+ , O^+ , NO^+ и O_2^+ . Распределение ионного состава вдоль орбиты витка 939 показано на рис. 2. Наиболее существенной особенностью изменений ионного состава вдоль орбиты станции является наличие глубокого провала концентраций атомных ионов O^+ и H^+ в экваториальной области. Область провала характеризуется значительными градиентами концентраций ионов H^+ и O^+ : так, концентрация ионов O^+ на расстоянии 3° по широте изменяется почти на три порядка величины. Следует особо отметить, что только в провале непосредственно над геомагнитным экватором обнаружены ионы Mg^+ с концентрациями до $40\text{--}50$ ион/см $^{-3}$; на остальной части орбиты эти ионы не регистрировались.

На рис. 3а показаны изменения отношения концентраций ионов $([\text{NO}^+] + [\text{O}_2^+]) / [\text{O}^+]$ вдоль орбиты. Следует отметить, что в провале относительная концентрация молекулярных ионов увеличивается до 100%, в то время как на остальной части орбиты она не превышает десятка процентов. На рис. 3б приведены данные, показывающие, что в провале заметно изменяется и относительная концентрация молекулярных ионов, в частности, значительно уменьшается относительная доля O_2^+ .

Необходимо подчеркнуть, что обнаруженные особенности ионного состава характеризуют широтную зависимость распределения ионного состава, поскольку высота и местное время при прохождении станции через область провала меняются несущественно.

Появление аномалии ионного состава в ночной экваториальной области F2 ионосферы нельзя объяснить особенностями фотохимических процессов в этой области. Действительно, нейтральный состав, как показано

на рис. 1, в приэкваториальных широтах остается фактически постоянным, а температура нейтральных и заряженных частиц, которая влияет на скорость фотохимических реакций, в ночные часы изменяется не более, чем в 1,2–1,5 раза ⁽⁷⁾.

С нашей точки зрения, наиболее вероятным объяснением появления аномалии ионного состава в ночной экваториальной области F2 является подъем ионизации за счет (E×H)-дрейфа, локализованного в экваториальной области ⁽⁸⁾. В связи с тем, что станция находилась ниже максимума слоя F на высотах, где наблюдаются значительные градиенты концентраций ионов ⁽⁹⁾, даже относительно малый подъем слоя в экваториальной области, должен приводить к существенному изменению ионного состава на вы-

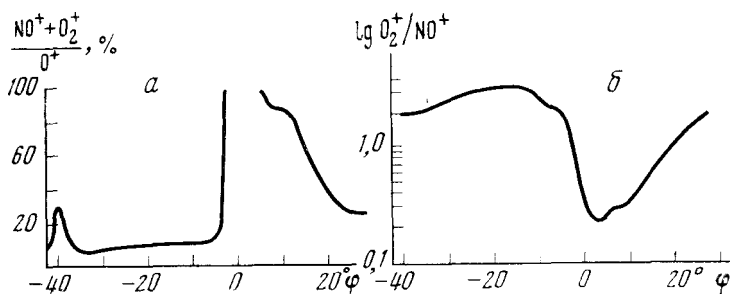


Рис. 3. Изменения вдоль орбиты относительной концентрации ионов (а) и отношения O_2^+/NO^+ (б)

соте полета станции. При этом должно происходить резкое уменьшение концентрации атомных ионов и более плавное — молекулярных ионов, как это следует из особенностей высотного распределения ионов в ночной ионосфере ⁽⁹⁾. Это и наблюдается в проведенном эксперименте.

Дополнительным подтверждением влияния (E×H)-дрейфа на распределение ионов является обнаружение ионов Mg^+ на высотах области F2. Известно, что ионы металлов появляются на высотах 90–120 км в результате перезарядки атомов металлов, образующихся при абляции метеоров, с ионами атмосферы ⁽¹⁰⁾. На указанных высотах ионы металлов обычно регистрируются в среднеширотной ионосфере ⁽¹¹⁾. Возможность подъема ионов металлов за счет (E×H)-дрейфа в экваториальной области до высот области F2 следует из расчетов, сделанных в ⁽¹²⁾.

Таким образом, аномалия ионного состава в области геомагнитного экватора может служить доказательством влияния полей экваториальной электроструи на распределение ионного состава в экваториальной ионосфере.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Б. А. Миртова, В. В. Михневич и Т. В. Казачевскую за обсуждение результатов эксперимента и Т. В. Васильеву за помощь в работе.

Институт прикладной геофизики
Москва

Поступило
25 IV 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ H. Rishbeth, O. K. Garriott, Introduction to Ionospheric Physics, N. Y., 1969.
- ² W. B. Hanson, S. Sanatani, J. Geophys. Res., v. 75, 7761 (1971). ³ W. B. Hanson, S. Sanatani, ibid., v. 75, 5503 (1970). ⁴ W. B. Hanson, S. Sanatani, ibid., v. 78, 1167 (1973). ⁵ А. И. Рафальсон, А. М. Шерешевский, Масс-спектрометрические приборы, М., 1968. ⁶ L. G. Iacchia, Spec. Rep. Smithson. Astrophys. Observ., № 332 (1971). ⁷ I. P. McClure, J. Geophys. Res., v. 74, 279 (1969). ⁸ D. E. Martyn, ibid., v. 64, 2178 (1959). ⁹ I. G. Holmes, C. Y. Johnson, I. M. Jeung, Space Res., v. 5, 765 (1965). ¹⁰ E. E. Ferguson, Radio Sci., v. 7, 397 (1972). ¹¹ В. Г. Истомин, ДАН, т. 136, № 5, 1066 (1961). ¹² W. B. Hanson, D. L. Sterling, R. F. Woodman, J. Geophys. Res., v. 77, 5530 (1972).