

УДК 551.593 : 629.7.014

ГЕОФИЗИКА

Г. Т. БЕРЕГОВОЙ, А. А. БУЗНИКОВ,  
член-корреспондент АН СССР К. Я. КОНДРАТЬЕВ,  
А. И. ЛАЗАРЕВ, О. И. СМОКТИЙ

## ВЕРТИКАЛЬНО-ЛУЧЕВАЯ СТРУКТУРА (ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ) ИЗЛУЧЕНИЯ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ С КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ «СОЮЗ-3»

В работах (<sup>1-3</sup>) построена картина последовательного развития атмосферных оптических явлений, наблюдавшихся космонавтами по мере движения пилотируемого космического корабля (КК) из области тени на дневную сторону Земли. Анализ визуальных данных и интерпретация специфических оптических явлений в зависимости от геометрии освещения атмосферы Солнцем позволили установить явление устойчивой горизонтальной неоднородности собственного излучения верхней атмосферы Земли, проявляющейся в условиях космических сумерек в виде вертикально-лучевой структуры (в.л.с.) (<sup>2, 3</sup>).

В настоящей работе рассмотрены основные результаты визуальных наблюдений в.л.с., проведенных во время полета КК «Союз-3». Устойчивая в.л.с. наблюдалась после захода Солнца за видимый горизонт Земли, когда КК «Союз-3» перешел с дневной стороны в область тени (рис. 1).

Наблюдения свечения атмосферы проводились 29 X 1968 г. в 19<sup>h</sup>00<sup>m</sup> по московскому времени на 54 витке\* орбиты «Союз-3». В момент пересечения космическим кораблем линии терминатора Земля была покрыта облачностью 7—10 баллов. После входа корабля в область тени вблизи горизонта наблюдалось явление планетарного светящегося пепельного слоя, яркость которого увеличивалась при «подсветке» Луной. Ночной пепельный слой был образован из двух горизонтальных полос яркости — верхней, более светлой, и нижней, более темной. Из верхнего слоя яркости выходили размытые вертикальные полосы с хорошо заметной тонкой нитевидной структурой. В.л.с. имела устойчивый стационарный характер и визуально воспринималась в виде «перевернутых вертикальных полос дождя, если на него смотреть издали». Высота нитевидного излучения над горизонтом составляла 2,5—3 высоты ночного светящегося слоя, а максимальная азимутальная протяженность областей в.л.с. относительно Солнца  $|\varphi| \sim 90^\circ$  (рис. 2). Эти оценки хорошо согласуются с аналогичными данными, полученными во время полета КК «Союз-9» (<sup>1</sup>).

Когда КК «Союз-3» находился в точке с координатами 128° в. д. и 40° ю. ш. (67 виток орбиты, 15<sup>h</sup>05<sup>m</sup> московского времени), горизонтальная неоднородность свечения атмосферы была выражена более сильно. Характерная особенность явления заключалась в том, что если в первом случае в.л.с. возникала на границе верхнего слоя яркости, то во втором случае на этот слой накладывалась вторая светлая полоса в форме эллиптической дуги с вертикально направленным нитевидным излучением (рис. 3). Ощущался объемный характер горизонтальной неоднородности: казалось, что вторая светлая полоса выходит из верхнего слоя яркости и простирается

\* Витки орбиты КК «Союз-3» отсчитывались от момента старта непилотируемого КК «Союз-2», сделавшего к моменту запуска КК «Союз-3» 17 витков.

над поверхностью Земли. Так же как и в первом случае, никаких перемещений в.л.с. по горизонту и по высоте не наблюдалось. Поскольку угол обзора в.л.с. при наблюдении через иллюминатор КК «Союз-3» составлял  $\sim 90^\circ$ , реальная протяженность областей в.л.с. по горизонту в данном случае  $|\varphi| \geq 90^\circ$ .

Свечение верхней атмосферы на ночной стороне Земли, неоднократно наблюдавшееся как советскими, так и американскими космонавтами <sup>(6-9)</sup>,

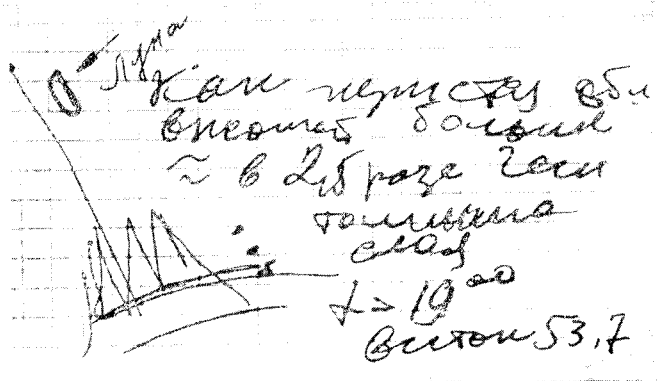


Рис. 1. Фотокопия страницы борт-журнала Г. Т. Берегового с зарисовкой явления вертикально-лучевой структуры излучения верхней атмосферы, наблюдаемой после захода Солнца за горизонт

вероятнее всего, имеет эмиссионный характер. Двухслойная структура светящегося слоя и ее модификация (рис. 2 и 3), по-видимому, связаны с неоднородным вертикальным и горизонтальным распределением эмиссионных компонент и с особенностями рассеяния эмиссионного излучения в атмосфере. Для их надежной интерпретации необходимы дальнейшие георетические и экспериментальные исследования.

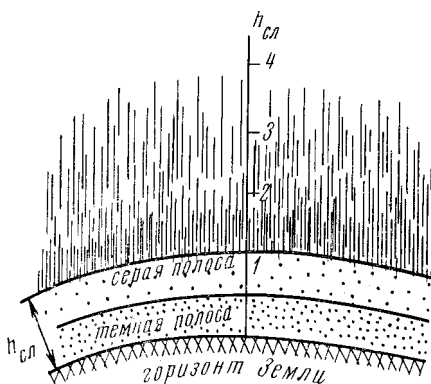


Рис. 2. Нитевидное излучение верхней атмосферы на ночной стороне Земли, зарисованное Г. Т. Береговым с КК «Союз-3»

Как отмечено в <sup>(2)</sup>, в видимой области спектра в.л.с. является характерным признаком устойчивой горизонтальной неоднородности излучения верхней атмосферы, проявляющейся при восходе Солнца в неустановившемся режиме высвечивания дневной эмиссии (в условиях перехода от ночи к дню). Наблюдения в.л.с. с КК «Союз-3» представляют независимый источник информации о горизонтальной эмиссионной однородности верхней атмосферы Земли, которая проявляется не только при восходе, но и при заходе.

Солнца за горизонт. Различия между деталями в.л.с., наблюдавшейся с КК «Союз-3» и КК «Союз-9» <sup>(1, 2)</sup>, могут быть обусловлены не только различной адаптацией зрения космонавтов в утренние и вечерние сумерки, но и тем, что в верхней атмосфере Земли при восходе и заходе Солнца формируются различные физические условия, необходимые для проявления эмиссионной горизонтальной неоднородности в виде в.л.с.

Можно с уверенностью сказать, что визуальные данные («Союз-3», «Союз-9») подтверждают стимулирующее влияние солнечного излучения

на проявление устойчивой в.л.с. (горизонтальной неоднородности) в условиях космических сумерек. По-видимому, на наблюдаемую яркость в.л.с. наибольшее влияние должно оказывать резонансное рассеяние солнечных фотонов на нейтральных атомах, приводящее к известному усилению некоторых сумеречных эмиссий <sup>(4)</sup>, и столкновения солнечных фотонов с электронами или протонами. В дальнейшем для полного объяснения в.л.с. целесообразно использовать данные о влиянии неоднородностей электрического

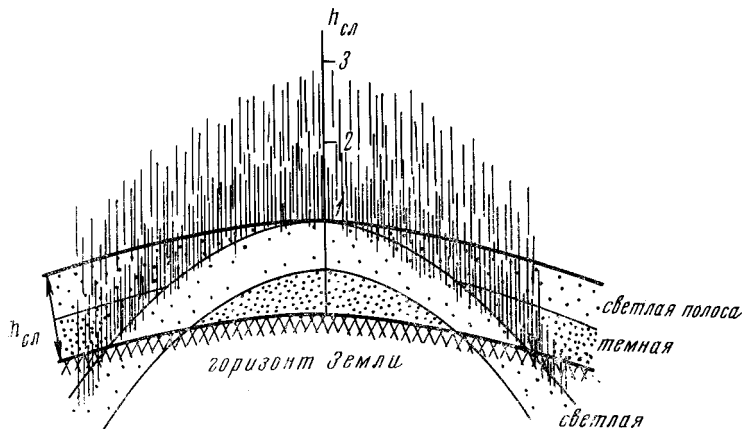


Рис. 3. Сильно выраженная горизонтальная неоднородность свечения верхней атмосферы и в.л.с. по наблюдениям с РК «Союз-3»

и магнитного полей Земли в сумеречной зоне на пространственную структуру эмиссий верхней атмосферы.

В настоящее время имеются экспериментальные данные, которые, с точки зрения развитых в <sup>(2, 3)</sup> представлений, можно интерпретировать как горизонтальную неоднородность яркости и радиационной температуры верхней атмосферы Земли (по измерениям эмиссии «красной» линии атомарного кислорода  $\lambda = 6300 \text{ \AA}$  со спутника OGO-VI <sup>(5)</sup>, радиационным измерениям в и.к. области спектра с ИСЗ «Космос-65» <sup>(10)</sup> и др.). Очень интересен эксперимент, описанный в <sup>(11)</sup>, где, по-видимому, была обнаружена характерная мелкомасштабная структура поля и.к. излучения верхней атмосферы Земли. Однако следует отметить, что в данной работе, так же как и в аналогичных работах <sup>(12, 13)</sup>, возникавшие специфические вариации измеряемого сигнала полностью приписывались возможным погрешностям используемой аппаратуры или искусственным помехам при ее функционировании. Например, в <sup>(14)</sup> указывалось на вероятную связь вариаций измеряемого сигнала со «снежинками азота», появляющимися в поле зрения инфракрасного телескопа, что весьма сомнительно.

Полученные данные свидетельствуют об актуальности дальнейших экспериментальных исследований явления горизонтальной неоднородности для различных эмиссий в гораздо более широком, чем видимая область спектра, диапазоне длин волн. Можно предполагать, что это явление носит фундаментальный характер, поскольку оно имеет место не только для эмиссий, но и таких физических параметров верхней атмосферы Земли, как плотность, давление, температура.

Обнаружение устойчивой горизонтальной неоднородности в виде в.л.с. при помощи визуальных наблюдений с РК свидетельствует о больших возможностях данного метода для исследования эмиссий верхней атмосферы Земли, по крайней мере на первом подготовительном этапе, предшествующем детальным инструментальным измерениям.

Разумеется, основные перспективы изучения эмиссий верхней атмосферы и, в частности, горизонтальной эмиссионной неоднородности в видимой

и других областях спектра связаны с инструментальным спектрофотополариметрическим исследованием дневных, сумеречных и ночных эмиссий с ИСЗ. Однако эмиссии дневной атмосферы трудно экспериментально исследовать из-за наличия сильного рассеяния атмосферой и отражения солнечного излучения подстилающей поверхностью на освещенной стороне Земли, а на ночной стороне они малы. Поэтому полное объяснение устойчивой горизонтальной эмиссионной неоднородности, проявляющейся в виде в.л.с., можно получить только при комплексном теоретическом и экспериментальном исследовании различных физических процессов, протекающих в верхней атмосфере Земли, в том числе механизмов сумеречных эмиссий, волновых процессов в ионосфере, столкновений солнечных фотонов, вторгающихся в верхнюю атмосферу, с быстрыми электронами и протонами и др.

Поступило  
17 V 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> К. Я. Кондратьев, А. А. Бузников, А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов, О. И. Смоктий, ДАН, **197**, № 3, 547 (1971). <sup>2</sup> А. А. Бузников, К. Я. Кондратьев и др., Космические исследования, **10**, в. 1, 100 (1972). <sup>3</sup> Г. Т. Береговой, А. А. Бузников, К. Я. Кондратьев, А. И. Лазарев, М. М. Мирошников, А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов, О. И. Смоктий, Е. В. Хрунов, Оптические явления в атмосфере по наблюдениям с пилотируемых космических кораблей, Л., 1972. <sup>4</sup> Физика верхней атмосферы под ред. Дж. Ратклифа, М., 1963. <sup>5</sup> J. E. Blamont, T. M. Luton, Abstracts of Papers, XIII Plenary Meetings of COSPAR, Leningrad, 20—29 May, 1970. <sup>6</sup> К. П. Феоктистов, Г. В. Розенберг, А. Б. Сандомирский, В. Н. Сергеевич, Д. М. Сонечкин. В кн. Исследование космического пространства, «Наука», 1965. <sup>7</sup> К. Я. Кондратьев, Н. Ф. Романтеев, О. И. Смоктий, Е. В. Хрунов, ДАН, **199**, № 6 (1971). <sup>8</sup> J. H. Glenn, J. A. O'Keefe, Science, **136**, № 3522 (1962). <sup>9</sup> L. R. Gill, T. A. McDivitt et al., Geoastronomical Observations Manned Space Flight Experiments Symposium: Gemini 3 and 4, 1965. <sup>10</sup> М. Н. Марков, Космические исследования, **8**, в. 6, 1970. <sup>11</sup> M. Harwit, K. Fuhrmann, W. Werner, Phys. Trans. Roy. Soc., London, ser. A, **264**, № 1150, 273 (1969). <sup>12</sup> M. Harwit, D. P. McNutt, K. Shivanandan, B. J. Zajac, Astron. J., **71**, № 10, 1026 (1966). <sup>13</sup> J. R. Houck, M. Harwit, Rept. COSPAR, Praga, 1969.