

С. М. ПОЛОСКОВ, Г. Ф. ТУЛИНОВ, М. Л. ШАНЭН

О КОРПУСКУЛЯРНОЙ ПРИРОДЕ ЭФФЕКТОВ НАГРЕВА ПОЛЯРНОЙ ТЕРМОСФЕРЫ

(Представлено академиком Е. К. Федоровым 3 VII 1973)

В феврале — марте 1970 г. на о. Хейса ($80^{\circ}37'$ с. ш.) была произведена серия пусков метеорологических ракет МР-12 с целью изучения температурного режима верхней атмосферы полярной области. Измерение температуры, выполняемое по программе франко-советского сотрудничества, проводилось при помощи искусственных светящихся облаков ($\text{NaNO}_3 + \text{AlO}$) методом поглощения (¹). Результаты этих экспериментов представлены в работе (²).

В шести случаях головные части ракет одновременно с натриевыми контейнерами были укомплектованы и счетчиками Гейгера, предназначенными для регистрации потоков электронов с энергиями $E \geq 35$ кэВ. Полученные данные (³) свидетельствуют об изменчивом характере интенсивности корпускулярных потоков.

При сопоставлении результатов измерений выявилось наличие положительной связи между температурой и величиной корпускулярного излучения: более высоким температурам соответствуют и большие потоки частиц. В частности, при максимальной измеренной температуре 750°K (2 III 1970 г., $4^{\text{h}}25^{\text{m}}$ местного времени) зарегистрирован и наибольший поток корпускул — $1,2 \cdot 10^3$ частиц ($\text{см}^2 \cdot \text{сек}$).

Для наглядности на рис. 1 приводится временной ход температуры и интенсивности корпускулярных потоков. Представленные значения температур соответствуют высоте 165 км. Интенсивности потоков рассчитаны из данных о темпе счета частиц (³) с учетом геометрического фактора счетчика, учитывающего эффективную площадь входного окна счетчика, эффективную угловую диаграмму счетной характеристики и геометрию расположения счетчика на верхней плате головной части ракеты. Из рис. 1 видна не только хорошая связь между температурой и интенсивностью корпускулярных потоков в отдельных пусках, но и общий характер их временного хода.

Обнаружение в полярной термосфере подобной корреляции представляет самостоятельный интерес. Вместе с тем интересно оценить, достаточно ли энергия приходящих корпускулярных потоков, для того чтобы вызвать наблюдаемые температурные вариации, или необходимо привлекать какие-то дополнительные (сопутствующие приходу частиц) источники нагрева. Из экспериментальных данных (утренний пуск 2 III 1970 г.) следует, что дифференциальный энергетический спектр частиц имеет вид

$$N(E \geq 35 \text{ кэВ}) dE \sim E^{-\gamma} dE, \text{ где } \gamma \approx 4.$$

Для грубой оценки эффекта нагрева атмосферы корпускулярным источником предположим, что вид спектра сохраняется вплоть до энергий ~ 1 кэВ. Частицы именно таких энергий являются геоактивными на рассматриваемых высотах ($h \approx 165$ км). Из расчета следует, что поток частиц со средней энергией 1 кэВ составит $\sim 10^8$ частиц/ $(\text{см}^2 \cdot \text{сек})$, а полный поток энергии, выделяемой в высотном интервале 160—170 км ($E = 0,9 - 1,25$ кэВ), будет $0,1$ эрг/ $(\text{см}^2 \cdot \text{сек})$. Для рассматриваемых высот, где плотность воз-

духа 10^{-12} г/см³, получим, что за один час температура может измениться на $\sim 10^\circ$.

Полученный результат не противоречит объяснению наблюдаемых температурных вариаций корпускулярной природой, хотя в случаях кратковременных и интенсивных нагревов атмосферы, зарегистрированных в ряде экспериментов с искусственными светящимися облаками (²), необходимо предположить воздействие на атмосферу более мощных потоков корпускул с энергиями ~ 1 кэв. К тому же, если придерживаться такой точки зрения, то и объяснение основных особенностей пространственно-временных вариаций температуры (²) следует связывать с пространственно-временными

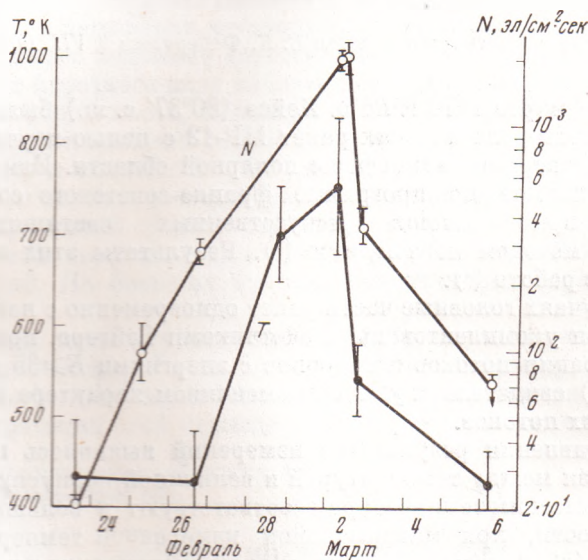


Рис. 1. Временной ход температуры T и интенсивности N корпускулярных потоков за период с 23 II по 6 III 1970 г.

особенностями поведения потоков корпускул в верхней атмосфере полярных районов. В частности, для объяснения кратковременных температурных вариаций необходимо предположить существование спорадических кратковременных изменений интенсивности корпускулярных потоков, а для объяснения пространственных неоднородностей — соответственно пространственной неоднородности высыпающих частиц. Кратковременные вариации интенсивности корпускулярных потоков на высотах 120–180 км неоднократно регистрировались в изменениях на ракетах (⁴, ⁵). Сравнительно недавно появились некоторые работы (^{6–8}), в которых отмечается наличие в полярных областях потоков электронов, локализованных в пространстве и во времени.

В (⁶) сообщается об измерении потоков электронов с энергией в диапазоне 1–100 кэв на спутнике ОГО-4, имеющем полярную орбиту. Зарегистрированы значительные потоки электронов с энергиями в несколько килоэлектронвольт, интенсивность которых часто достигает величины $10^9 - 10^{10}$ частиц/(см²·сек·стер·кэв), что более чем на порядок превосходит полученные нами интенсивности корпускул, используемые при оценке нагревания атмосферы. Весьма важно, что высыпание электронов происходит неравномерно по всей полярной области и часто локализовано в ограниченной области. Аналогичный вывод следует и из результатов других работ, в которых описаны измерения электронов с энергией от 10 эв до 10 кэв на спутнике «ИСИС-1» с полярной орбитой. Отмечается, что общий поток энергии, несомой электронами, иногда достигает 10 эрг/(см²·сек).

Интенсивность высыпавшихся частиц носит также существенно нестационарный характер как во времени, так и в пространстве.

Таким образом, полученная выше корреляционная связь между температурой и наблюдаемыми интенсивностями высыпавшихся электронов, а также данные полярных спутников могут служить для объяснения наблюдаемых особенностей пространственно-временных вариаций температуры верхней атмосферы полярной области.

Институт прикладной геофизики
Москва

Поступило
12 X 1973

Служба аэронавтики
Национального центра научных исследований
Франция

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ M. L. Chanin-Lory, *Ann. géophys.*, v. 21, 303 (1965). ² M. L. Chanin, M. Maillard et al., *Ann. géophys.*, v. 28, № 1 (1972). ³ В. Ф. Тулинов, В. М. Фейгин и др., *Космические исследования*, т. 11 (1973). ⁴ J. B. Blake, S. C. Freden, G. N. Paulikas, *Trans. Am. Geophys. Union*, v. 47, 138 (1966). ⁵ I. B. McDiarmid, E. E. Budzinski et al., *Canad. J. Phys.*, v. 45, 1755 (1967). ⁶ R. A. Hoffman, *J. Geophys. Res.*, v. 74, 2423 (1969). ⁷ W. J. Heikkila, *Nature*, v. 225, 369 (1970). ⁸ W. J. Heikkila, J. D. Winningham, *J. Geophys. Res.*, v. 76, 883 (1971).