

УДК 523.165

И. П. БЕЗРОДНЫХ и Ю. Г. ШАФЕР

**ДИНАМИКА ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОНОВ НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ И ИХ СВЯЗЬ С СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ**

После Великой Отечественной войны, когда ученые еще не имели возможности и даже не предвидели методики прямых измерений в космосе, С. Н. Вернов с присущей ему научной дальновидностью предложил А. Е. Чудакову, Л. В. Курносовой, Ю. И. Логачеву и Ю. Г. Шаферу приступить к экспериментальным исследованиям космических лучей (КЛ) в околоземном пространстве на ракетах и искусственных спутниках Земли.

Впервые по этому вопросу была опубликована обстоятельная статья в УФН [1]. До последних дней своей яркой жизни С. Н. Вернов уделял исключительное внимание развитию этих исследований, принимая в разработке научных задач, проведении экспериментов, анализе и интерпретации научных материалов непосредственное участие. Им были получены приоритетные результаты в открытии и изучении радиационных поясов Земли (РПЗ). Особенно большой интерес он проявлял к исследованиям потоков заряженных частиц во внешнем РПЗ.

Данная работа является развитием работы [2] и посвящена изучению связи между высокоскоростными потоками солнечного ветра (СВ) и вариациями интенсивности потока электронов во внешнем РПЗ.

Исследования вариаций интенсивности потока электронов проводились на геостационарном спутнике (ГС) «Радуга» [2]. Электроны с энергией  $E_e > 0,2$  МэВ регистрировались путем измерения их тормозного рентгеновского излучения, генерированного в специальном экране датчика. Основной вклад в скорость счета в этом датчике давали релятивистские электроны с энергией 1–1,5 МэВ.

Рис. 1. Потоки электронов на геостационарной орбите за вторую половину 1977 г. и начало 1978 г. Верхняя кривая — данные спутников США,  $E_e = 1,4 \div 2$  МэВ [3]; нижняя кривая — данные спутника «Радуга»,  $E_e = 1 \div 1,5$  МэВ

За период 1977–1979 гг. было зарегистрировано около 50 случаев возрастания потока релятивистских электронов (всплесков). Наиболее мощные всплески электронов наблюдались в июле — августе 1977 г. и августе — сентябре 1978 г. [2]. На рис. 1 показаны результаты измерения интенсивности потоков релятивистских электронов за вторую половину 1977 г. и начало 1978 г. и для сравнения приведены данные ГС США [3]. Между кривыми рис. 1 наблюдается хорошее согласие, несмотря на то, что нижняя кривая — результат, полученный с помощью измерения тормозного рентгеновского излучения электронов. Для грубых оценок можно считать, что 1 отн. ед. соответствует  $4 \cdot 10^4$  электронов  $\cdot (\text{см}^2 \cdot \text{с})^{-1}$  с энергией 1–1,5 МэВ.

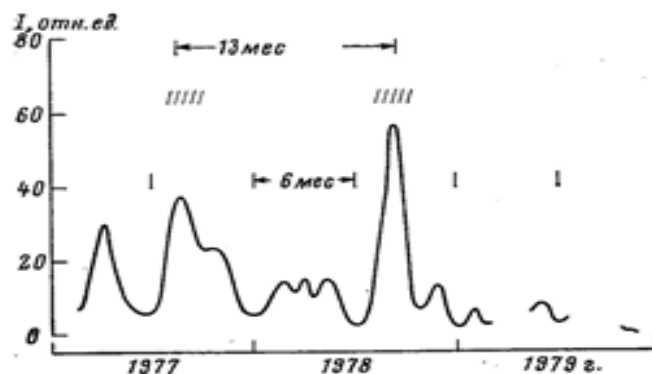


Рис. 2

Рис. 2. Огибающая максимумов всплесков потока электронов на геостационарной орбите.  $E_e = 1 \div 1,5$  МэВ. Косая штриховка — максимумы потока релятивистских электронов в межпланетной среде

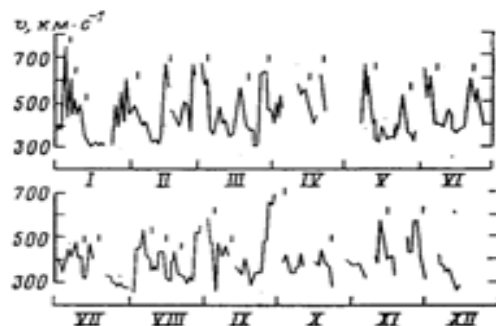


Рис. 3

Рис. 3. Вариации скорости СВ за 1978 г. Штрихами отмечены максимумы всплесков потока релятивистских электронов на геостационарной орбите

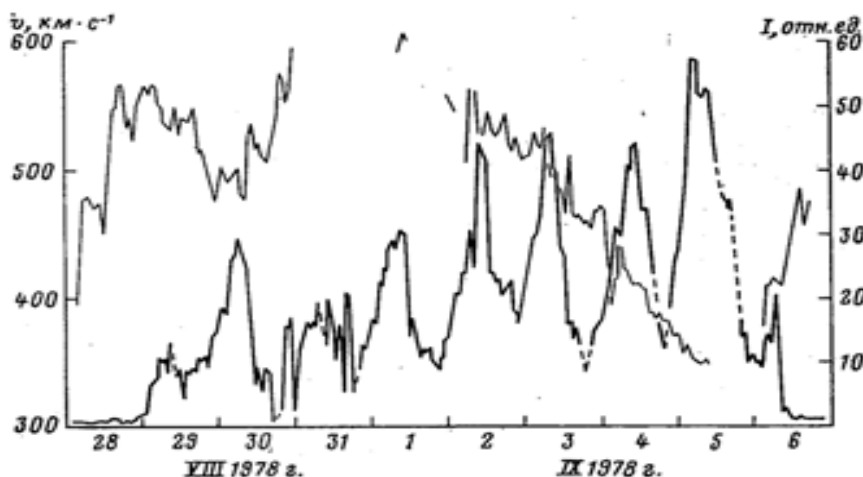


Рис. 4. Вариации скорости СВ (тонкая линия) и интенсивности потока электронов с энергией 1–1,5 МэВ (жирная линия) во внешнем РПЗ в конце августа — начале сентября 1978 г.

При анализе экспериментальных данных была обнаружена модуляция амплитуды всплесков электронов с периодами около 27 дн, 6 и 13 мес [2]. В то же время в межпланетном пространстве наблюдались вариации скорости СВ с периодом 27 дн [4] и потока релятивистских электронов с периодом 13 мес [5]. Первый период близок к синодическому периоду вращения Солнца, второй — к синодическому периоду вращения Юпитера вокруг Солнца. На рис. 2 приведена огибающая максимумов всплесков электронов на геосинхронной орбите. Косая штриховка на рисунке указывает моменты времени, в которые отмечались максимумы интенсивности потока электронов со средней энергией  $\sim 1,2$  МэВ в межпланетной среде по данным ИСЗ IMP 8 [5].

При сопоставлении вариаций потока электронов во внешнем РПЗ со скоростью СВ установлено, что всем возрастаниям потока релятивистских электронов предшествовали возрастания скорости СВ. Рисунок 3 иллюстрирует результат сопоставления всплесков электронов со скоростью СВ за 1978 г. Штрихами над временным профилем скорости СВ обозначены моменты регистрации максимумов потока релятивистских электронов на ГС «Радуга». На рис. 4 изображены временные профили скорости СВ и интенсивности потоков электронов с энергией 1–1,5 МэВ на геосинхронной

орбите в августе — сентябре 1978 г. Суточный ход в интенсивности потока электронов связан с тем, что при своем движении ГС пересекает различные  $L$ -оболочки: на дневной стороне — меньшие  $L$  ( $H \sim 120 \gamma$ ), на ночной — большие  $L$  ( $H \sim 100 \gamma$ ). Из рисунков видна жесткая связь между изменением скорости СВ и потоком релятивистских электронов.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Плотность релятивистских электронов во внешнем РПЗ в течение 1977—1979 гг. испытывала модуляцию с периодами примерно 27 дн, 6 и 13 мес. Период в 27 дн связан с рекуррентными возмущениями в межпланетной среде. Модуляция с периодом 6 мес, вероятно, обусловлена изменением гелиошироты Земли в течение года, а модуляция с периодом 13 мес связана с синодическим периодом вращения Юпитера — источника энергичных электронов.

2. Возрастаниям плотности релятивистских электронов во внешнем РПЗ предшествовали возрастания скорости солнечного ветра. Корреляция плотности электронов во внешнем РПЗ со скоростью СВ обусловлена, по-видимому, двумя факторами: первый — высокоскоростные потоки СВ, как правило, обогащены энергичными частицами, второй — воздействие высокоскоростных потоков СВ на магнитосферу способствует проникновению внутрь нее из межпланетной среды энергичных частиц, доускорению и накоплению частиц в магнитосфере.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность Г. Ф. Крымскому и И. М. Подгорному за обсуждения и замечания по данной работе.

Институт космофизических исследований  
и аэронавтики Якутского филиала  
Сибирского отделения Академии наук СССР

#### Литература

1. Вернов С. Н., Логачев Ю. И., Чудаков А. Е., Шафер Ю. Г. УФН, 1957, т. 63, в. 1, с. 149.
2. Безродных И. П., Шафер Ю. Г. Космические исследования, 1982, т. 20, с. 639.
3. Baker D. M., Higbie P. R., Relian R. D., Hones E. W. Geophys. Res. Letts, 1979, v. 6, p. 531.
4. Solar-Geophys. Data, 1977—1979.
5. Eraker J. H. Astrophys. J., 1982, v. 257, p. 862.