

СУББУРЯ В ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЯХ

Г. В. Старков, Я. И. Фельдштейн

Развитие авроральной суббури, предложенное Акасофу [1—3], является одним из фундаментальных представлений современной физики магнитосферы. Исследования, выполненные в последнее время, не меняя основного содержания схемы развития, требуют ее существенного дополнения и уточнения.

В [1—3] начало суббури характеризуется быстрым смещением (броском) сияний к полюсу в околополуденные часы. Оно сопровождается резким уменьшением в эти часы горизонтальной составляющей магнитного поля на $\Phi' \sim 65^\circ$. Однако оказалось, что если начало бури отсчитывать от этого момента, то перед началом наблюдаются специфические явления в полярных сияниях.

На фигуре дана пространственно-временная схема развития суббури; сплошными линиями показаны однородные формы; сплошными линиями со штрихами — лучистые; крестиками — диффузное свечение, связанное с плазменным слоем в хвосте магнитосферы; зачерненными кружками — пульсирующие сияния; крестиками с точками — диффузное свечение, обусловленное дрейфующими на восток электронами.

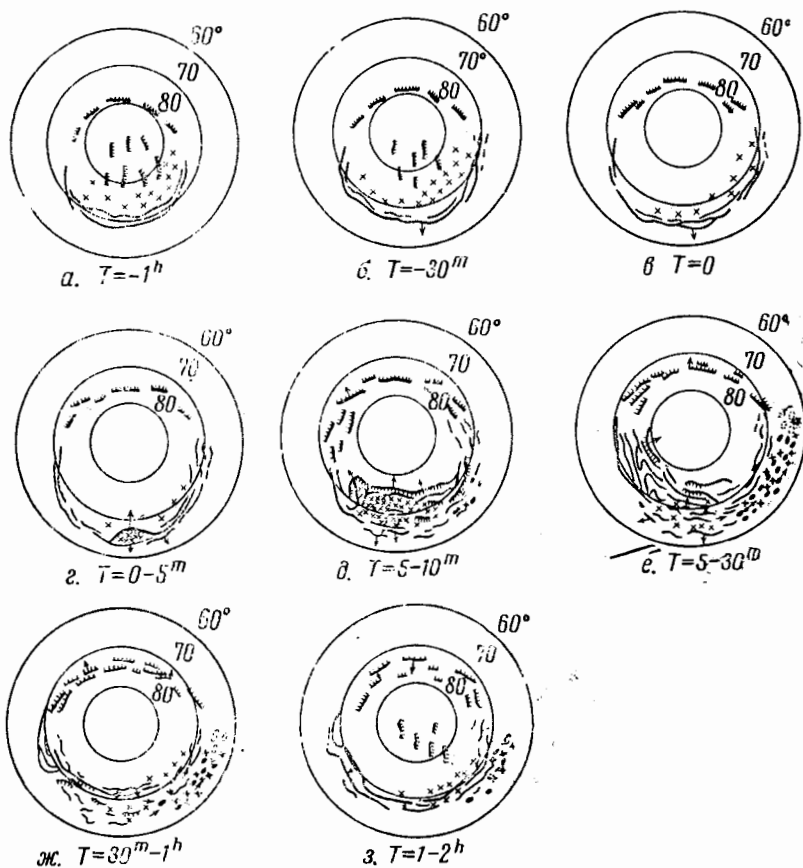
При спокойных условиях пространственное распределение сияний соответствует схеме, предложенной в [4]. На ночной стороне спокойные однородные дуги находятся на $\Phi' \sim 70^\circ$, дневная сторона овала занята слабыми лучистыми формами на $\Phi' \sim 80^\circ$, сияния в полярной шапке имеют вид слабых протяженных лучистых дуг над диффузного свечения (фигура, а). Диффузное субвизуальное свечение в полярной шапке было обнаружено при фотометрических наблюдениях с борта самолета в северном полушарии [5—7]. Соотношение эмиссий таково, что сияние должно распространяться на высотах ≥ 150 км и обуславливаться электронами с $E \sim 0,5-1,0$ кэВ. Потоки таких электронов были действительно обнаружены спутниками на низких орбитах [8—10]. Они, по-видимому, ответственны за наблюдаемое свечение и тесно связаны с плазменным слоем в хвосте магнитосферы.

Приблизительно за час до момента $T = 0$, когда магнитное поле в ночные часы на $\Phi' \sim 67^\circ$ остается еще спокойным, начинается плавное смещение однородных дуг к экватору в ночном секторе со сравнительно малыми скоростями ($\sim 10-15$ км/мин) [11, 12]. Эту фазу развития суббури в интервале $-60 < T < 0$ мин. назовем фазой зарождения. В фазу зарождения не происходит заметного усиления яркости дуг [13]. Перемещение к экватору продолжается до момента $T = 0$ (фигура б, в). В полуденном секторе смещение дуг может доходить до 5° широты. На этой стадии развития суббури отмечены специфические изменения магнитного поля в высоких широтах [11] и усиление кольцевого тока [13, 14].

В этот же период постепенно исчезают дискретные формы сияний в полярной шапке. Область субвизуального диффузного свечения постепенно уменьшается, приближаясь к дискретным формам вдоль овала сияний. Такая особенность в распределении свечения сопровождается уменьшением толщины плазменного слоя в хвосте магнитосферы при развитии суббури [15]. Анализ аскафилмов ст. Восток ($\Phi' \sim 84^\circ$) показал, что к моменту $T = 0$ дискретные формы сияний уже исчезают. Напри-

19.VII 1959 г. в 01 ч. 40 м. UT сияния типа полярной шапки начали ослабевать и смещаться к полуночной стороне со средней скоростью 40 км/мин, если считать высоту их нижнего края равной 150 км. В 01 ч. 50 м., приблизительно за 10 мин. до начала резкого изменения магнитного поля на зональной станции, сияния исчезли. 25.VII сияния на ст. Восток затухли почти за 5 час. до начала суббури, а 1.VIII они исчезли за несколько минут до начала, причем в обоих случаях не наблюдалось четко выраженных движений, просто яркость сияний постепенно понизилась ниже уровня чувствительности камеры С-180. 17.VIII 1958 г. дискретные формы сияний типа полярной шапки наблюдались даже во время небольшого отрицательного возмущения в обл. Макуори, предшествующего значительной суббуре, но исчезли приблизительно за 30—40 мин. до начала основного возмущения. Вновь появляться дискретные формы сияний могут уже на фазе восстановления.

Момент $T = 0$ (фигура, *e*) связан с резким движением к полюсу яркой полосы сияний [1—3], которая как бы отрывается в полуночном секторе от сравнительно слабой однородной дуги, причем эта дуга или остается на месте или продолжает смещаться к экватору. К экватору от движущейся к полюсу полосы свечения остается довольно интенсивный диффузный фон, интегральное свечение которого может



быть значительным. В области максимума свечения фона ($\Phi' \sim 67^\circ$) дискретные формы сияний выражены довольно слабо [12].

Движение сияний к экватору на южной стороне овала наблюдается во все фазы развития суббури, причем скорость этих движений остается примерно постоянной. Оно, вероятно, связано с существованием в магнитосфере электрического поля. Движение к полюсу носит характер взрывного процесса и наиболее четко проявляется на приполюсной границе овала.

В фазе восстановления в утреннем секторе наблюдаются пятна и пульсирующие сияния, область существования которых, возможно, не совпадает с овальной зоной [16]. Это свечение обусловлено электронами, дрейфующими в геомагнитном поле на замкнутых оболочках и захваченных в околополуночные часы на малые L в период фазы развития авроральной суббури. В остальной фазе восстановления соответ-

стает схемо, предложенной Акасофу [1—3]. Однако, как уже отмечалось, сияния типа полярной шапки могут появляться довольно быстро после прекращения суббури, а иногда даже на заключительной стадии фазы восстановления.

Резюмируя, можно отметить следующие основные дополнения предложенной схемы авроральной суббури к общепринятой:

1) развитие суббури проходит через три фазы: зарождения (фигура, а, б), развития (фигура, в—г) и восстановления (фигура, ж, з); момент $T = 0$ в прежней схеме соответствует началу фазы развития; в фазе зарождения дуги полярных сияний с $\Phi' \sim 70^\circ$ смещаются на $\Phi' \sim 65-67^\circ$;

2) дискретные сияния типа полярной шапки исчезают за 10—30 мин. до момента $T = 0$;

3) полоса сияний, движущаяся к полюсу в фазе развития, оставляет за собой значительный фон свечения;

4) в приполюсной области помимо дискретных форм существует диффузное свечение.

ЛИТЕРАТУРА

1. S.-I. Akasofu. Planet. Space. Sci., 1964, 12, 273.
2. S.-I. Akasofu. Space. Sci. Rev., 1965, 4, 498.
3. S.-I. Akasofu. Polar and magnetospheric substorm, 1968, D. Reidel Pb. Co/Dordrecht — Holland.
4. Я. И. Фельдштейн. Сб. «Полярные сияния и свечения ночного неба», № 13, «Наука», 1967, 98.
5. G. Weill, M. Fafiotte, S. Huille. Ann. Geophys., 1965, 2, 469.
6. R. H. Eather. J. Geophys. Res., 1969, 74, 153.
7. R. H. Eather, S.-I. Akasofu. J. Geophys. Res., 1969, 74, 4794.
8. J. L. Burch. J. Geophys. Res., 1968, 73, 3585.
9. R. A. Hoffman. J. Geophys. Res., 1969, 74, 2425.
10. Ю. И. Гальперин, Н. В. Джорджно, И. Ф. Иванов и др. Космические исследования, 1970, 8, 108.
11. Д. Я. Ивлиев, М. И. Пудовкин, С. А. Заїцева. Геомагн. и аэрономия, 1970, 7, 300.
12. Г. В. Старков, Я. И. Фельдштейн, Н. Ф. Шевпина. Сб. «Морфология и физика полярной ионосферы», «Наука», 1971 (в печати).
13. Y. Sano, T. Ono. Memoirs of the Kakioka magnetic observatory, 1966, 12, 1.
14. M. I. Pudovkin, O. I. Shumilov, S. A. Zaitzeva. Planet. Space. Sci., 1968, 16, 881.
15. E. W. Hones, J. R. Asbridge, S. J. Vame, I. B. Strong. J. Geophys. Res., 1967, 72, 5879.
16. В. К. Ролдугин, Г. В. Старков. Геомагн. и аэрономия, 1970, 10, 97.

Полярный геофизический институт
Кольского филиала АН СССР
Институт земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн
АН СССР

Статья поступила
12 мая 1970 г.