

ДНЕВНЫЕ ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ И ВТОРЖЕНИЯ АВРОРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

В.Л. Зверев¹, Я.И. Фельдштейн²

¹ Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия.

² Институт земного магнетизма и распространения радиоволн, Троицк, Россия.

Аннотация. Приведены результаты исследования одновременных наблюдений дневных полярных сияний меридиональным сканирующим фотометром (МСФ) на ст. Баренцбург ($\Phi' = 75.2^\circ$; $MLT = UT + 2.4$; $\phi = 78.1^\circ$ с. ш.; $\lambda = 14.2^\circ$ в. д.) и вторжений частиц по данным спутников DMSP F13 и F15. Рассмотрены три события, когда орбиты спутников пересекали области свечения, регистрируемые МСФ. Результаты анализа спутниковых наблюдений показали, что дискретные формы дневных сияний в рассмотренных событиях располагаются в пределах области высыпания авроральных частиц из низкоширотного граничного слоя (LLBL), то есть располагаются на замкнутых силовых линиях геомагнитного поля.

Результаты исследования

На рис. 1 представлено событие 6 декабря 2000 г. В период одновременных наблюдений дневных полярных сияний и вторжений авроральных частиц B_z -компонента межпланетного магнитного поля (ММП) по данным OMNI составляла примерно -2 нТл. Скорость солнечного ветра была достаточно низкой (320-340 км/сек). Плотность протонов составляла ~ 3 частиц/см³. Соответственно, давление солнечного ветра составляло ~ 0.9 -1.0 нПа. На левой панели рис. 1 приведены сканограммы МСФ в эмиссии 630.0 нм в интервале 08:36-08:39 UT. По вертикальной оси отложены интенсивности свечения в Рэлях (R). По горизонтальной оси – угловые значения сканирования МСФ от южного горизонта (S) до северного горизонта (N). Z на рисунке соответствует зениту станции Баренцбург ($\Phi' = 75.2^\circ$). На правой панели приведена спектрограмма вторгающихся электронов и ионов, полученная на спутнике DMSP F13 в 08:36-08:39 UT. В этот период времени траектория спутника пересекала область регистрации дневного свечения, которое располагалось на зенитных углах 15° - 60° к северу от зенита станции. Предполагая высоту излучения эмиссии 630.0 нм ~ 240 км, свечение располагалось на $\Phi' \sim 75.8^\circ$ - 78.3° , что согласуется со статистическим положением полосы дневного свечения при данных параметрах ММП и плазмы солнечного ветра. Результат обработки спутниковых наблюдений показывает, что в области свечения регистрируются высыпания частиц низкоширотного граничного слоя (LLBL). Дифференциальные спектры потоков энергии в 08:37:42 UT ($MLAT = 76.46^\circ$; $MLT = 11:49$) показывают поток вторгающихся электронов $8.5 \cdot 10^{10}/\text{см}^2$ сек стер при средней энергии 110 эВ, а поток ионов $2.2 \cdot 10^{10}/\text{см}^2$ сек стер при средней энергии 1.9 кэВ. Максимальный поток энергии вторгающихся ионов приходится на энергию 1 кэВ.

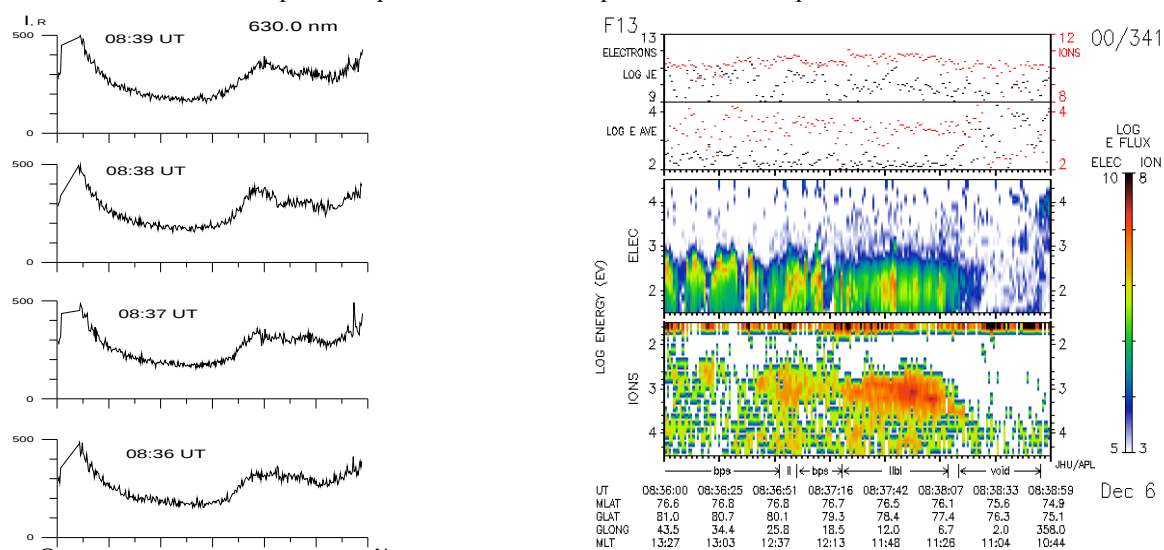


Рис. 1. Одновременные наблюдения дневных полярных сияний и вторжений авроральных частиц 6 декабря 2000 г. На левой панели - сканограммы МСФ в эмиссии 630.0 нм, на правой – спектрограмма, полученная на DMSP.

12 декабря 2004 г. одновременные наблюдения дневных сияний и высыпающихся частиц проводились в двух интервалах времени: 08:02-08:06 UT (~10:30 MLT) и 10:58-11:01 UT (~13:30 MLT). В эти периоды времени параметры ММП и скорости солнечного ветра были близкими по величинам: Vz-компонента ММП была ~1-3 нТл, скорость солнечного ветра составляла примерно 450-460 км/сек, плотность протонов ~11-13 частиц/см³, давление солнечного ветра составляло 5.0-5.8 нПа. Однако эти два события происходили в разное местное время. В левой части рис. 2 приведены сканограммы сияний в эмиссиях 557.7 и 630.0 нм в 08:03 UT и 08:04 UT. В интервале времени 08:02-08:06 UT (~10:30 MLT)) свечение в эмиссиях 557.7 нм и 630.0 нм регистрируется в широком диапазоне зенитных углов как к экватору, так и к полюсу от зенита станции. В эмиссии 557.7 нм сияния регистрируются на зенитных углах 75° S - 45° N, что соответствует $\Phi' \sim 71.0^\circ - 76.5^\circ$ в предположении высоты излучения в эмиссии 557.7 нм ~150 км. Интенсивность свечения сияний достигала ~400 R. Сияния в эмиссии 630.0 нм наблюдаются на зенитных углах 45° S - 45° N, что соответствует геомагнитным широтам $\Phi \sim 73.1^\circ - 77.3^\circ$. Интенсивность свечения достигает 400 R, что для красной полосы является достаточно большой величиной. В правой части рис.2 представлена спектрограмма вторгающихся частиц, полученная на спутнике DMSP F13. Траектория спутника DMSP F13 пересекала область дневных сияний на геомагнитных широтах 76.0°-73.0° в 08:02-08:04 UT. Результат обработки спутниковых наблюдений показывает, что в области сияний на геомагнитных широтах 76.0°-74.5° (13:00-11:15 MLT), регистрируются высыпания частиц из низкоширотного граничного слоя (LLBL).

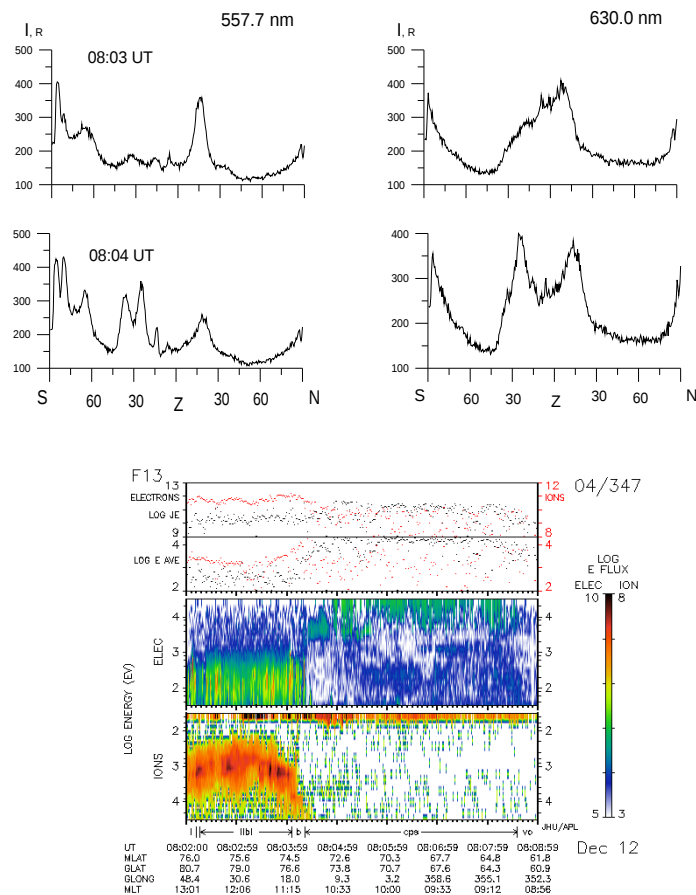


Рис. 2. Сканограммы МСФ в эмиссиях 557.7 и 630.0 нм, в 08:03 и 08:04 UT (верхняя панель), спектрограмма вторгающихся частиц (нижняя панель) 12 декабря 2004 г. в 08:02-08:08 UT.

На рис. 3 представлены одновременные данные наблюдений дневных полярных сияний и вторжений авроральных частиц 12 декабря 2004 г. в интервале времени 10:59-11:00 UT. Как видно из сканограмм, сияния в обеих эмиссиях располагаются к югу от зенита станции. (60°-15° S), что соответствует геомагнитным широтам 73.0°-74.8° для эмиссии 557.7 нм и 72.0°-74.6° для эмиссии 630.0 нм. Траектория спутника DMSP F15 в 10:59 – 11:00 UT проходила вблизи зенита станции через область регистрации дневных полярных сияний. Как следует из спектрограммы, положение дневных сияний в геомагнитных широтах хорошо согласуется с вторжением частиц из низкоширотного граничного слоя (LLBL). Спектр вторгающихся частиц, полученный в 10:59:38 UT (MLAT = 73.91°; MLT = 13.47) дает поток электронов $5.8 \cdot 10^{10}/\text{см}^2 \text{ сек}$ стер при средней энергии 330 эВ, поток ионов $3.6 \cdot 10^{10}/\text{см}^2 \text{ сек}$ стер при средней энергии 4.3

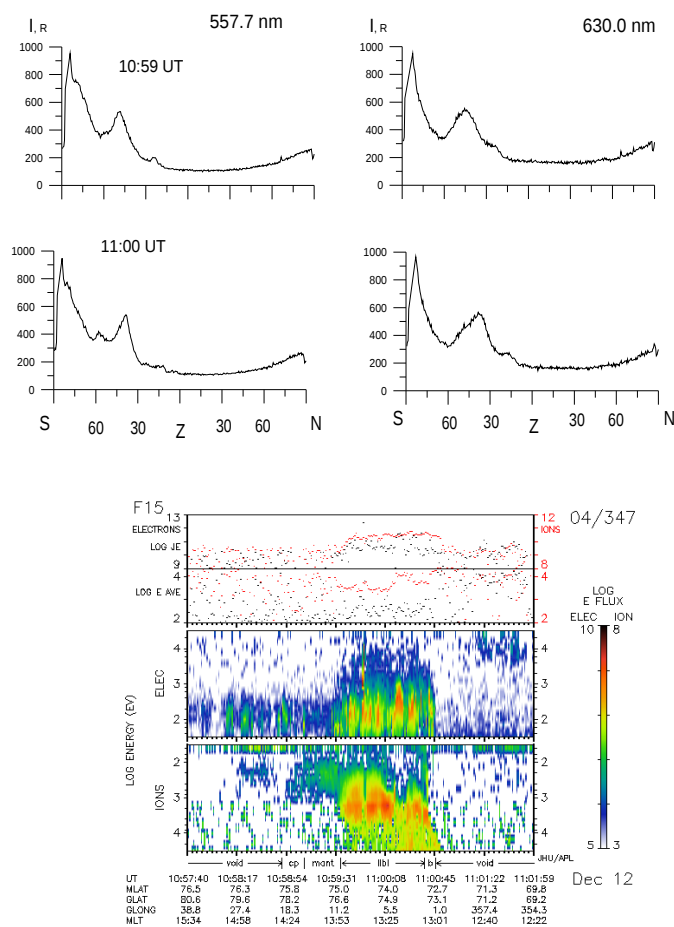


Рис. 3. То же, что на рис. 2, 12 декабря 2004 г. в интервале времени 10:58-11:02 UT.

Пролеты спутников DMSP F13 и F15 в декабре 2000 и 2004 гг. были ориентированы таким образом, что не пересекали в околополуденном секторе область каспа. Поэтому осталась открытой, в рамках данного исследования, возможность связи (или отсутствия ее) полярных сияний с вторжениями частиц из области каспа на разомкнутых силовых линиях магнитного поля Земли.

Выражаем благодарность старшему научному сотруднику ПГИ Ягодкиной О.И. за подготовку данных сканирующего фотометра для оформления работы.

Вывод

В рассмотренных событиях 6 декабря 2000 г. и 12 декабря 2004 г. по данным одновременных наблюдений сияний на обсерватории Баренцбург и данным о вторжениях авроральных частиц по спутнику DMSP получено, что дискретные формы полярных сияний на дневной стороне были связаны с высыпаниями частиц из низкоширотного граничного слоя (LLBL).

Работа поддержана грантом РФФИ 09-05-00818.