

Аномальное событие GLE66 (29.10.2003) и сравнение его с другими событиями осени 2003 года

Ю.В. Балабин

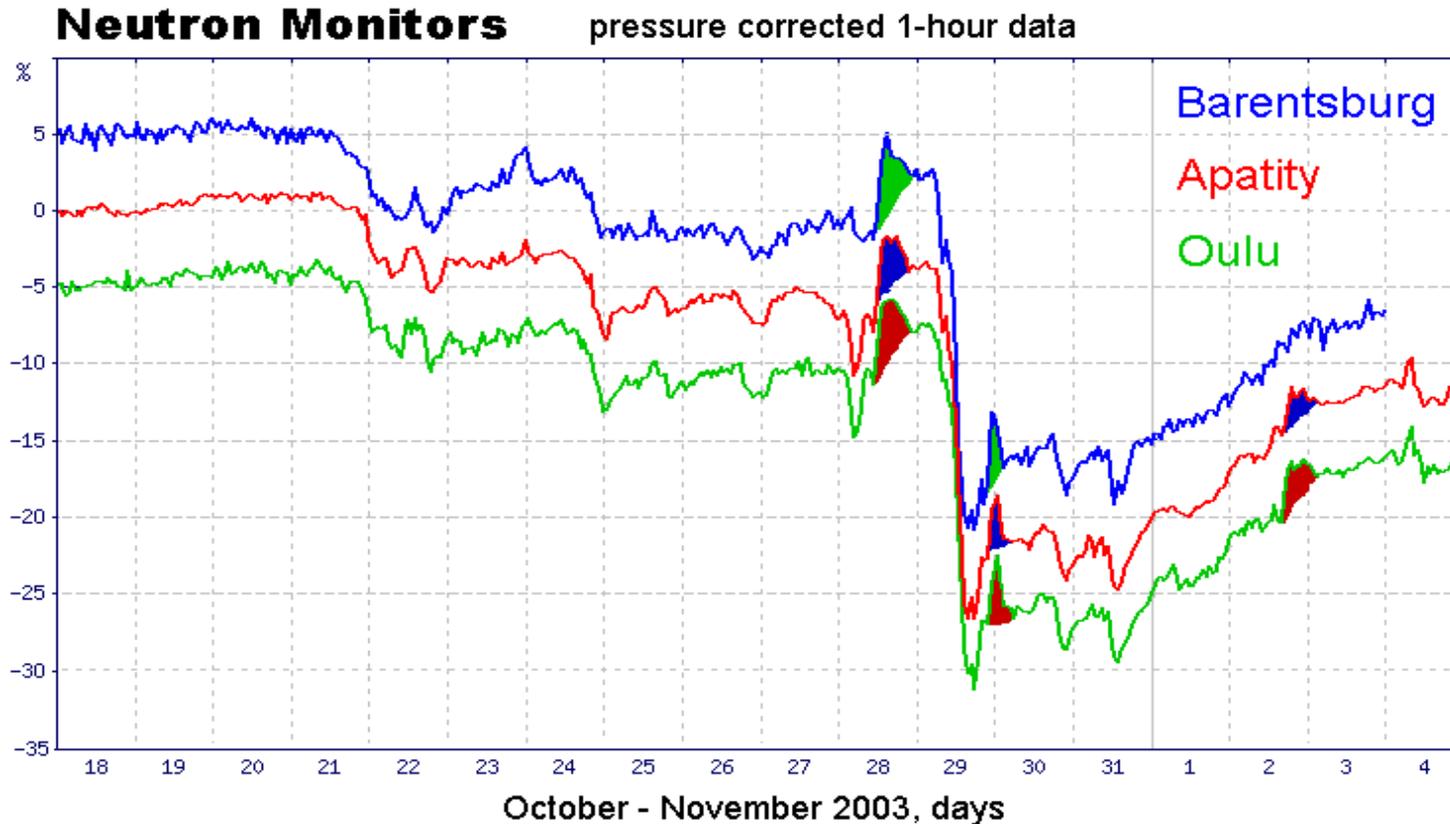
balabin@pgia.ru

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия.

Абстракт

В октябре-ноябре 2003 произошла серия вспышек на Солнце, сопровождавшаяся наземными возрастаниями в солнечных космических лучах (события GLE). Два события GLE65 и GLE67 (28.10.03 и 02.11.03) за прошедшее время были не раз изучены различными группами с целью определения спектра солнечных космических лучей (СКЛ), анизотропии потока СКЛ. Событие GLE66 (29.10.03), напротив, почти никем не исследовалось. Причина в том, что указанное событие GLE66 случилось в момент сильнейшей магнитной бури и глубокого форбуш-понижения, что затрудняет применение обычной методики решения обратной задачи и определения спектров СКЛ. В данной работе представлены результаты первого подробного изучения события GLE66, получены спектры СКЛ и показана их динамика в течение события.

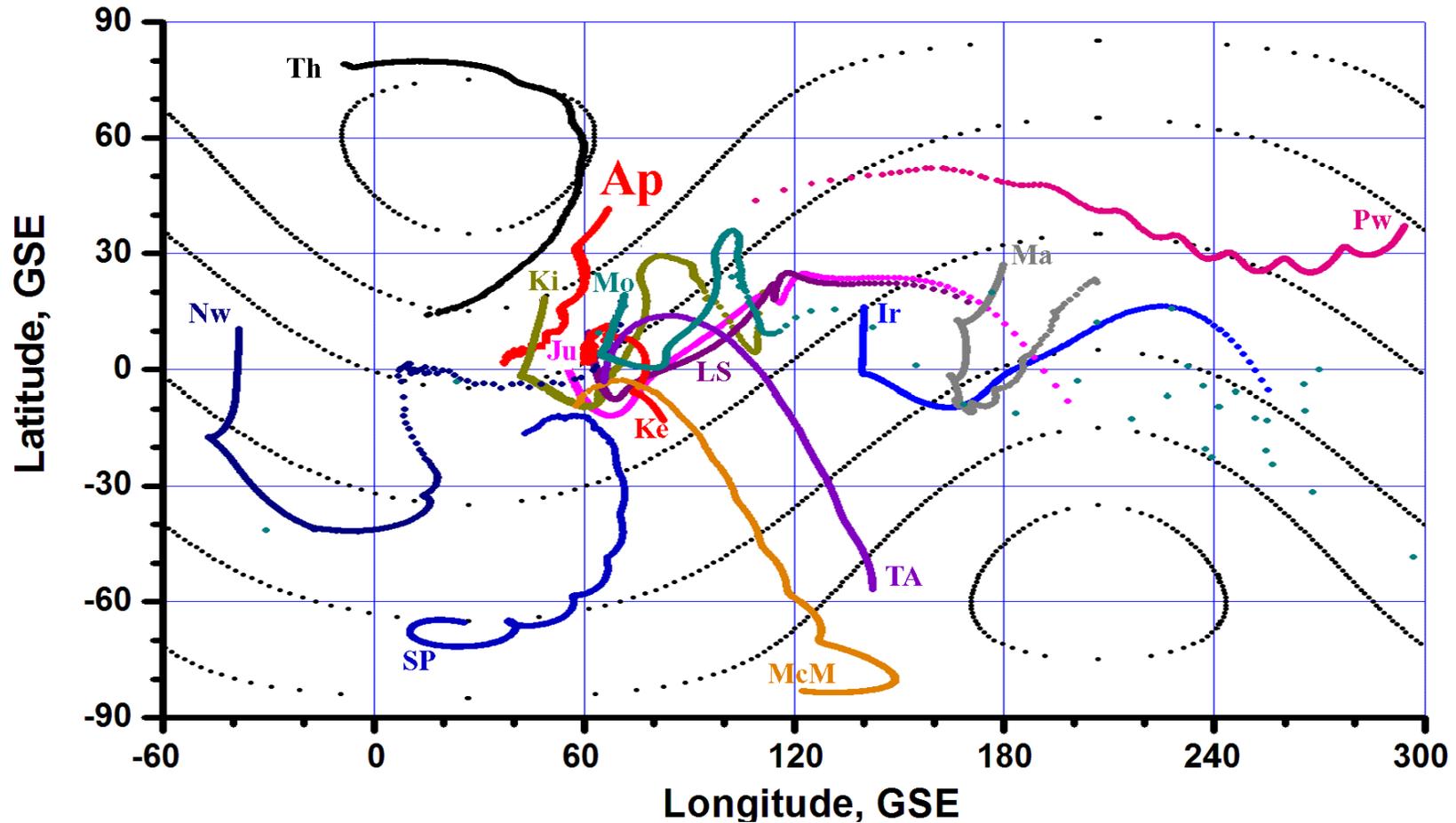
Серия событий GLE, произошедших осенью 2003 г. GLE66 произошло 29.10.03 во время гигантского форбуш-понижения и сильнейшей магнитной бури.



	Date	Type II onset, UT	Flare	Heliocoordinates	NM Apatity, %
GLE65	Oct 28	11:02	4B/X17.2	S16E08	8.5
GLE66	Oct 29	20:42	2B/X10.0	S15W02	6.5
GLE67	Nov 2	17:14	2B/X8.3	S14W56	5.5

GLE66 – сложное для анализа событие, поскольку трудно адекватно описать состояние магнитосферы и вычислить конуса приема.

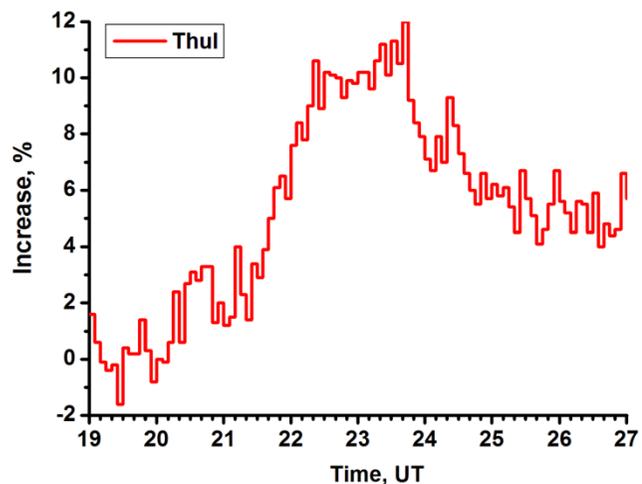
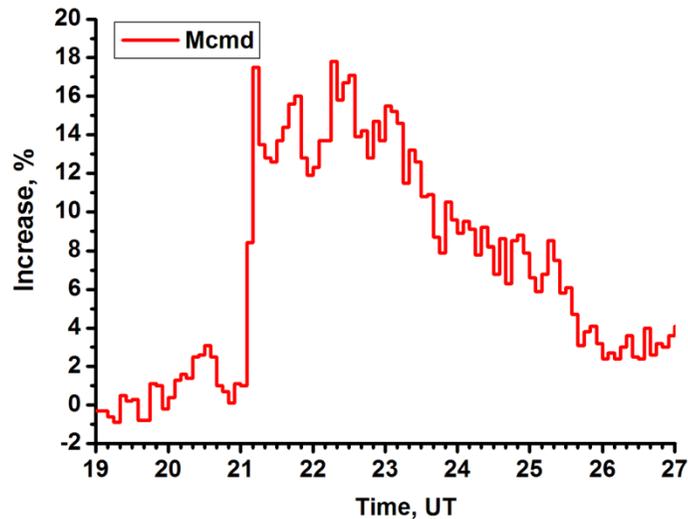
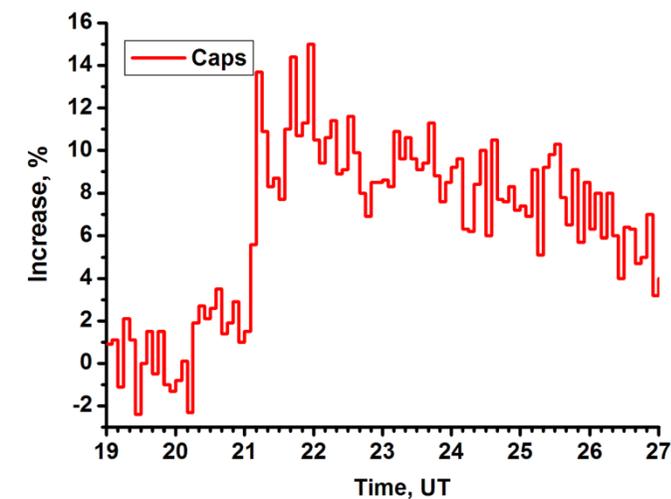
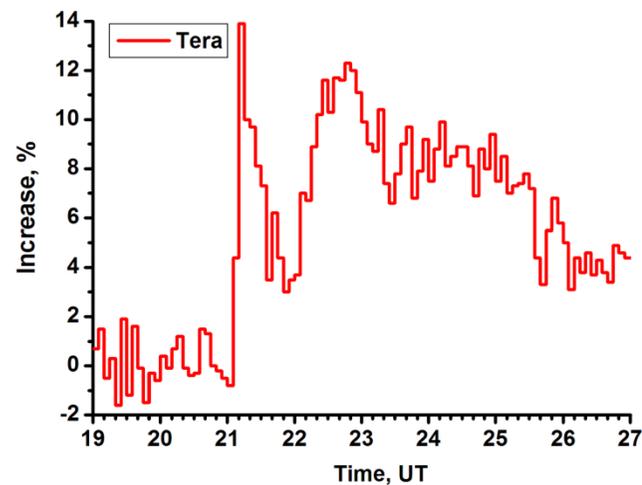
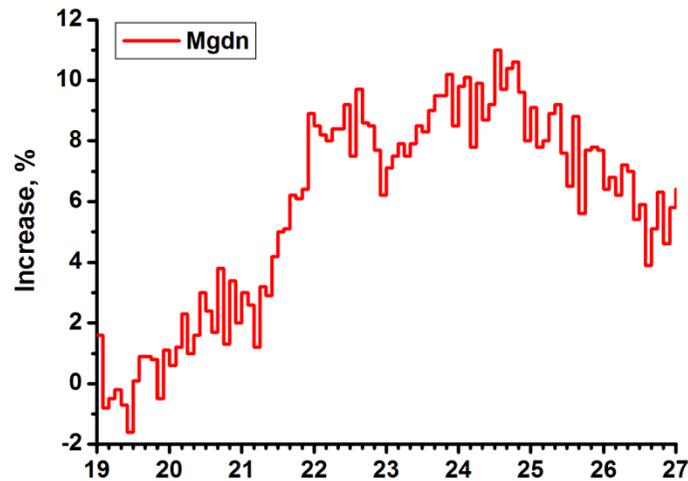
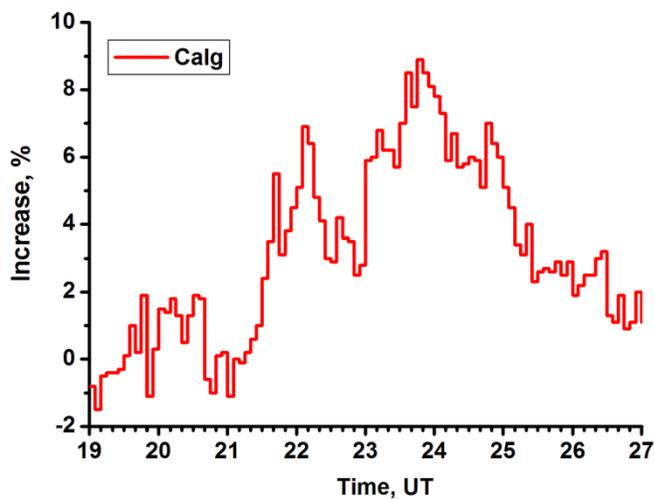
Асимптотические конуса приема ряда станций мировой сети НМ. Магнитосфера Земли находилась в состоянии сильнейшей бури, $Dst \sim -350$. Использована модель T05.



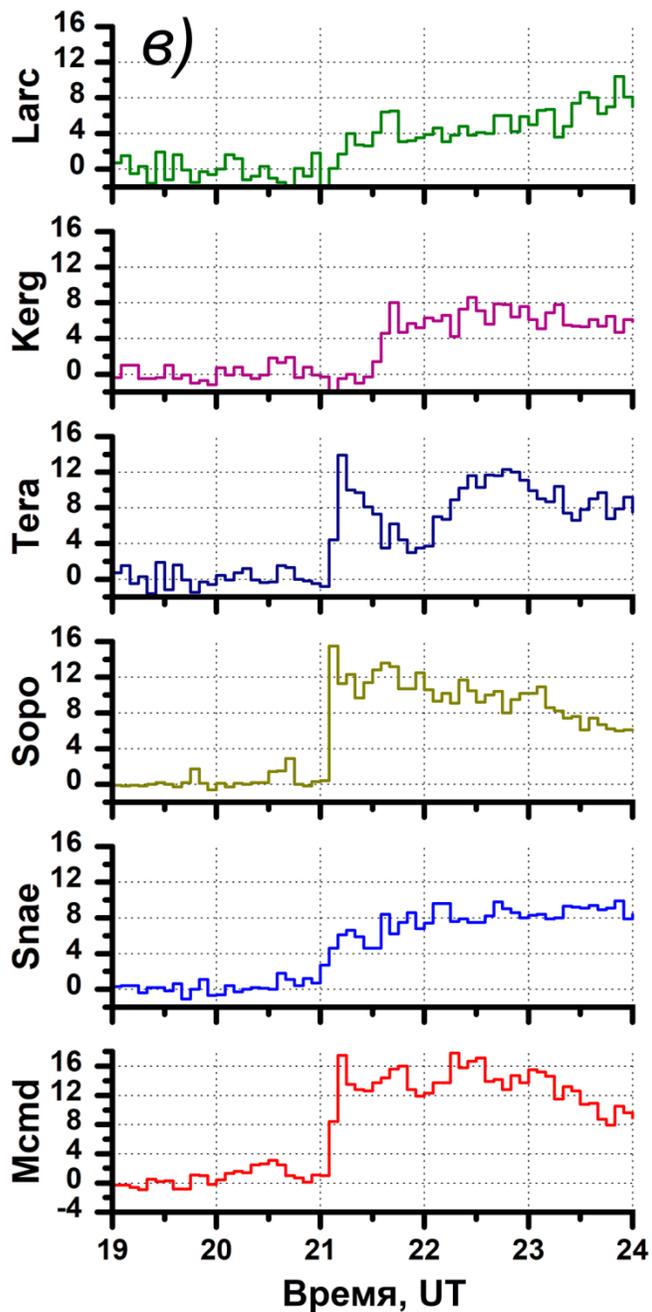
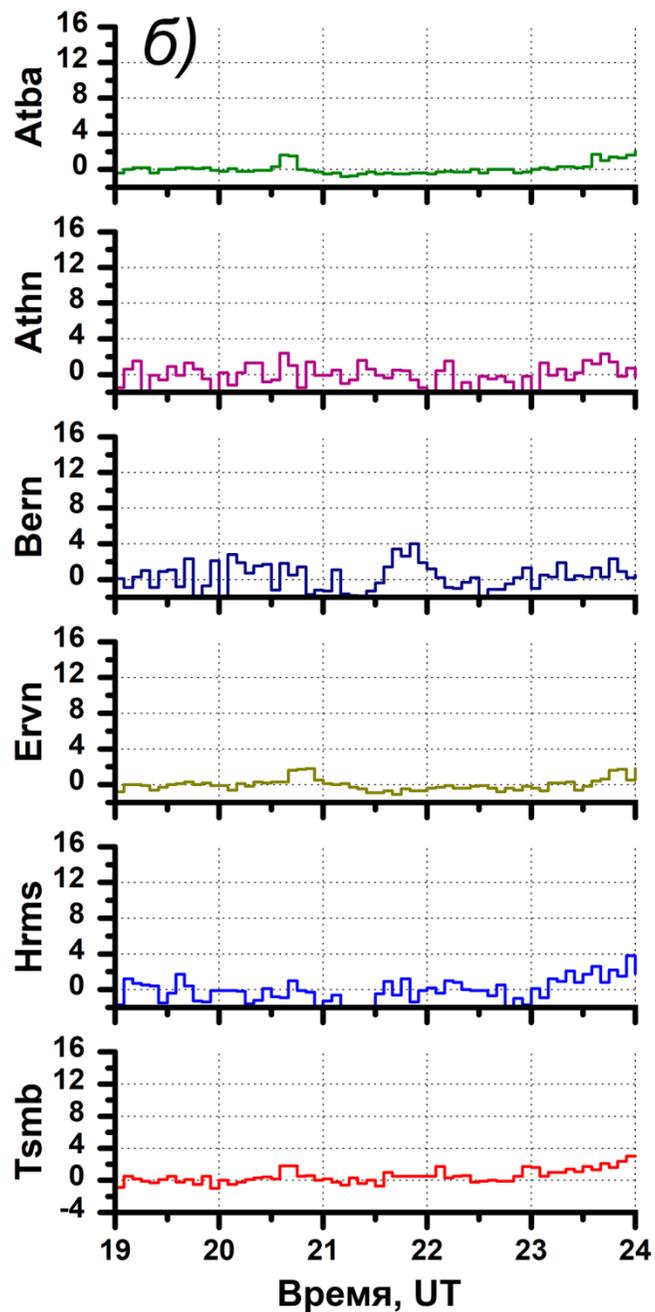
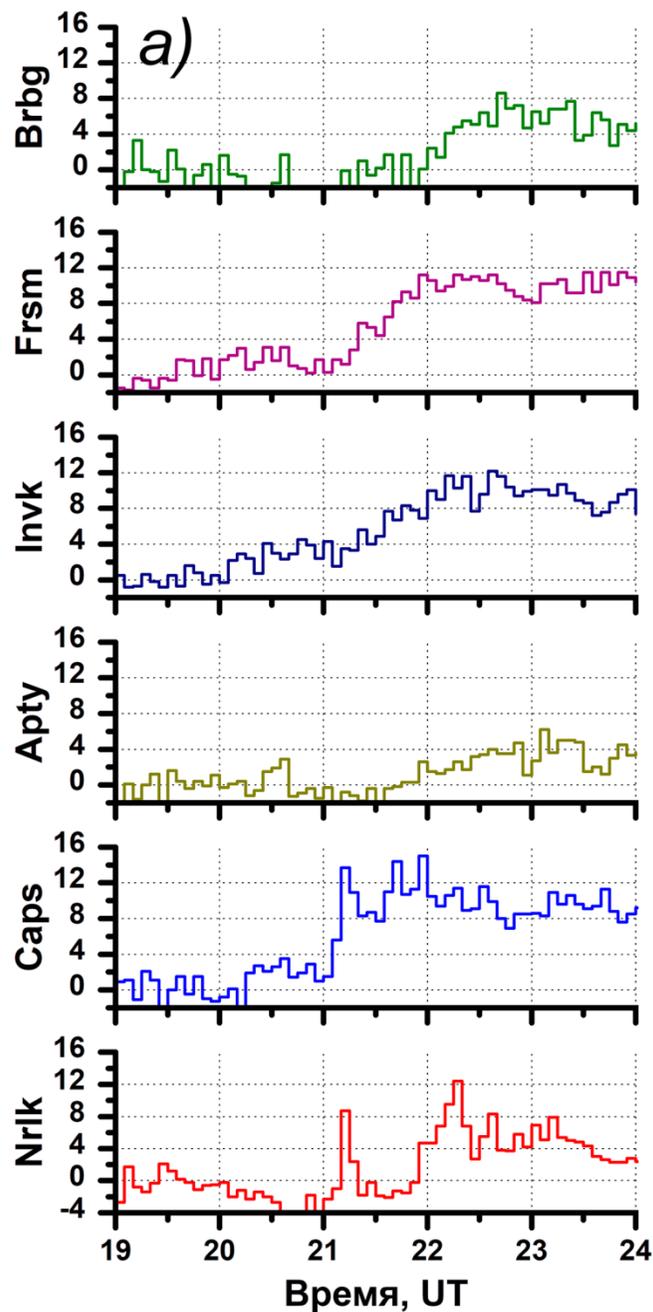
Nw – Ньюарк, Th – Туле, SP – Южный полюс, Ki – Киль, Ju – Юнгфрау, Ap – Апатиты, Мо – Москва, Ке – Кергелен, LS – Ломницкий пик, McM – МакМёрдо, Ir – Иркутск, ТА – Терре Адели, Ма – Магадан, Pw – Певанук. Направления приема полярных станций будто стянуты в одну небольшую область.

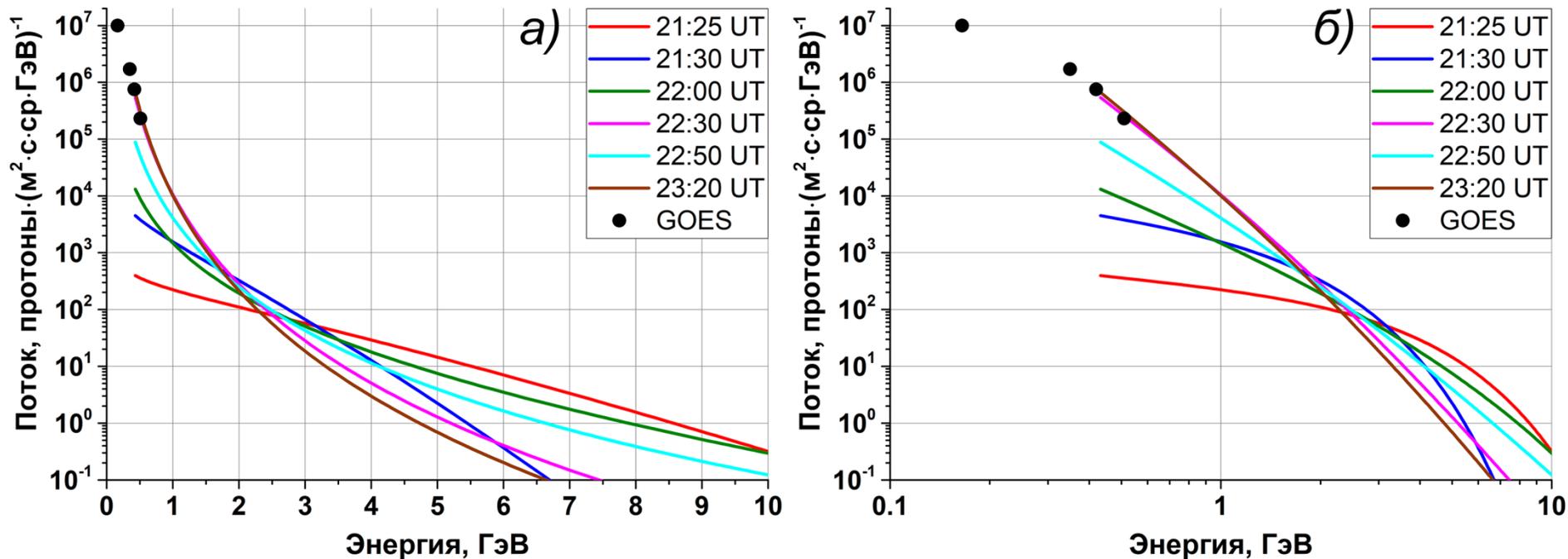
Таблица жесткостей обрезания некоторых НМ в ряде событий GLE и для GLE66

Date	GLE	Time	Atba	Athn	Bern	Bksn	Ervn	Mgdn	Ptfm
29.10.03	66	21:30	5.27	7.42	3.16	4.71	5.96	1.0	6.0
28.10.03	65	11:30	6.19	8.27	4.36	5.75	6.88	1.84	6.99
20.01.05	69	08:00	6.07	8.2	4.35	5.62	6.76	1.8	6.96
13.12.06	70	03:00	6.04	8.14	4.15	5.55	6.52	1.64	6.87
17.05.12	71	02:15	6.04	8.15	4.37	5.53	6.75	1.74	6.96
10.09.17	72	17:00	6.00	8.16	4.24	5.49	6.68	1.65	7.14

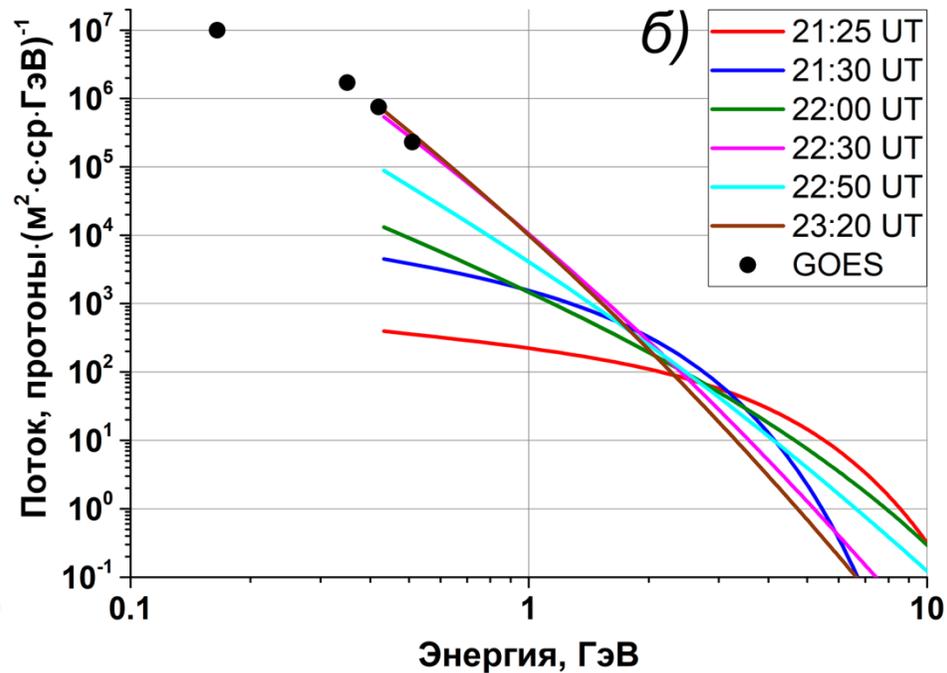
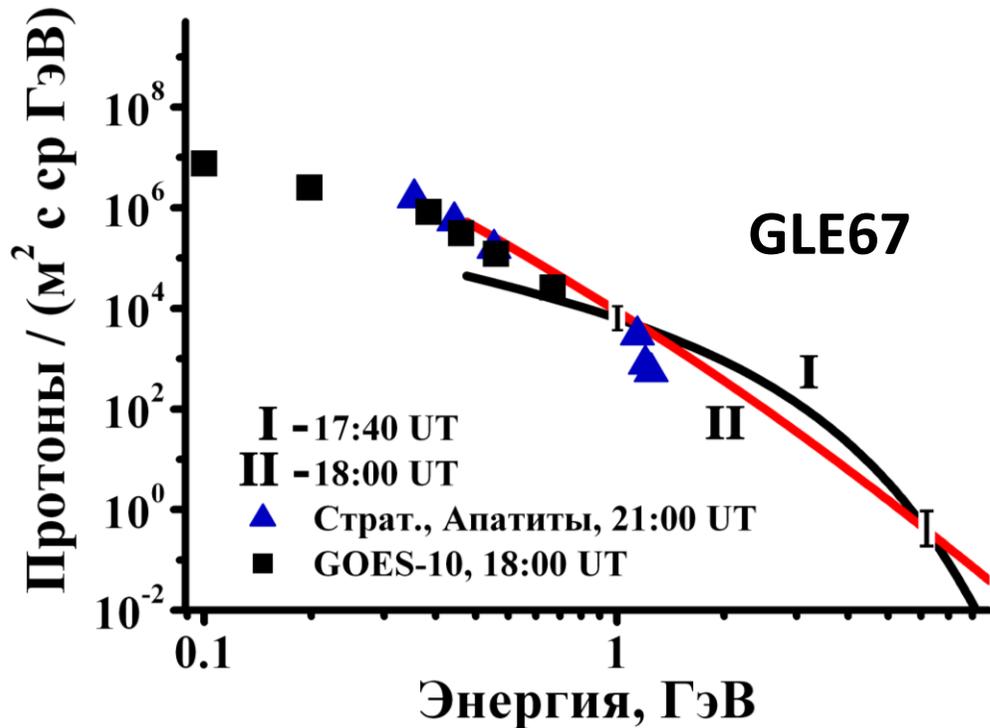
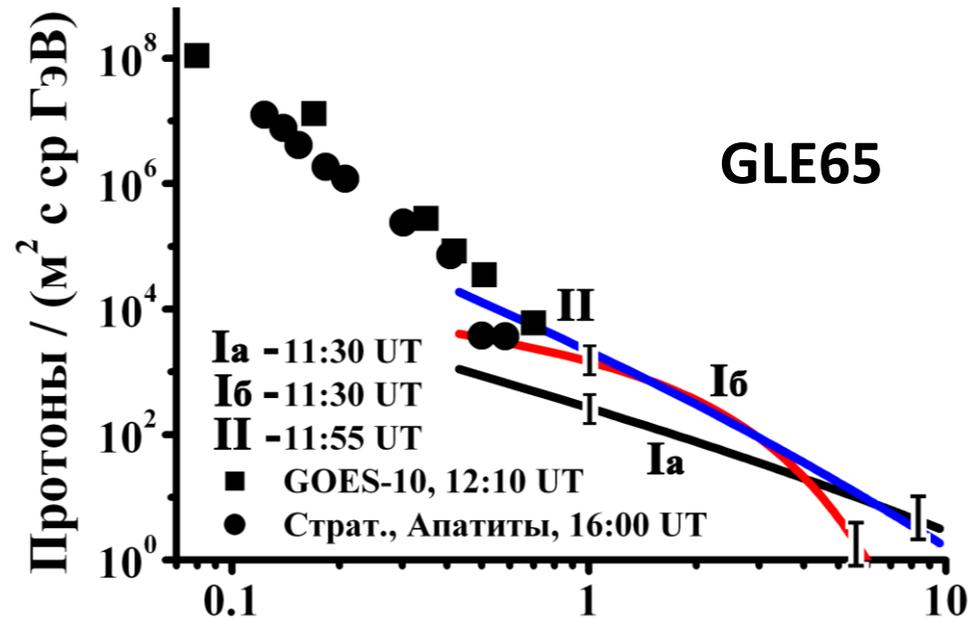


Профили ряда станций НМ. Calg – Калгари, Caps – мыс Шмидта, Mgdn – Магадан, Mcmd – МакМёрдо, Tera – Терре Адели, Thul – Туле. Обращает внимание, что ряд как южных, так и северных полярных станций имеет профиль возрастания с резким фронтом, другие – с растянутым. Например, конуса приема Туле и Терре Адели располагаются довольно близко, а профили сильно различаются. Это указывает, что на фазе роста событие GLE66 имело сильную анизотропию.





Результат решения обратной задачи – восстановление спектра СКЛ по данным мировой сети НМ. Слева спектры приведены в полулогарифмическом масштабе, справа – в двойном. От начала события примерно до 22:00 UT спектр СКЛ имел экспоненциальную форму, далее – степенную. Характеристическая энергия $E_0 = 1.8$ ГэВ, показатель степени $\gamma = -4.5$ с последующим умягчением спектра.



Обсуждение

Впервые путем прямого вычисления асимптотических конусов (АК) приема станций с последующим расчетом отклика каждого НМ выполнено решение обратной задачи: восстановление энергетического спектра СКЛ в событии GLE66 (29.03.2003). Событие GLE66 произошло во время сильнейшей геомагнитной бури, вызванной достигшим Земли корональным выбросом массы. Dst-индекс доходил до -350 нТл. Расчет АК в таких условиях представляет трудность. Была использована буревая модель магнитосферы T05. Прямой расчет АК показал, что жесткости обрезания R_c на станциях НМ во время геомагнитной бури понизились на 0.3-0.8 ГВ, в то время как размер магнитосферы увеличился: вершина магнитосферы отодвинулась от центра Земли на 24 радиуса против обычного положения на 12-15 радиусах Земли.

Решение обратной задачи выполнялось по разработанной в ПГИ методике, которая уже использовалась при решении обратной задачи для четырех десятков GLE. Следует отметить, что для GLE66 точность полученного решения хуже: ~12 % против 4-6 % для других событий GLE. Это объясняется худшей точностью задания магнитосферы в модели T05 при экстремальных значениях Dst и, соответственно, менее точным расчетом АК станций. Преимуществом нашей методики является то, что R_c вычисляются непосредственно в момент события, вид спектральной функции (экспоненциальная, степенная или иная) задается в самом общем виде, а определенная форма получается как результат поиска оптимального решения.

Событие GLE66 в целом оказалось похожим на прочие события GLE. На начальной фазе (21:15-22:00 UT) энергетический спектр СКЛ имел экспоненциальную форму, как и у прочих событий, а после 22:20 UT и далее до конца события – степенную. Показатель степени $\gamma = -4.5... -5.5$; это типичное значение для степенных спектров GLE, а характеристическая энергия в экспоненциальном спектре оказалась большая: $E_0 = 1.8$ ГэВ, т.е. экспоненциальный спектр на фазе роста был очень жестким. Поток СКЛ на при экспоненциальном спектре имел ширину $\sim 40-50$ градусов. В дальнейшем вместе с переходом к степенной форме спектра поток уширялся и к 23:00 UT стал изотропным. Можно сказать, что событие GLE66 подобно предыдущему GLE65 (28.10.03): полная анизотропия и жесткий экспоненциальный спектр СКЛ на начальной фазе. Подробный анализ GLE66 с расчетом АК выполнен впервые.

Результатом работы является также проверка и подтверждение корректности модели магнитосферы T05 при описании крайне возмущенной магнитосферы.

Заключение

Представлен результат восстановления спектра солнечных космических лучей в событии 29.10.03 (GLE66) методом решения обратной задачи. Энергетический спектр СКЛ имеет экспоненциальную форму с характеристической энергией $E_0 = 1.8$ ГэВ на фазе роста и степенную форму с показателем степени $\gamma = -4.5... -5.5$. Анизотропия потока СКЛ была 100 % на начальной фазе, далее к 23:00 UT поток стал близок к изотропному.

