

Возможные наземные возрастания солнечных космических лучей в 2012 г.

О.Н. Крякунова¹, Н.Ф. Николаевский¹, А.М. Малимбаев¹,

И.Л. Цепакина¹, А.В. Белов², Е.А. Ерошенко², В. Янке²

¹ ДТОО «Институт ионосферы», г. Алматы, Казахстан

² ФГБУН «Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН)



Считается, что до настоящего момента в 24 цикле солнечной активности зарегистрировано 2 наземных возрастания солнечных космических лучей (GLEs): 17 мая 2012 г. и 6 января 2014 г. И в количестве, и в мощности GLEs текущий цикл уступает предшествующим. Солнечных протонных событий, зарегистрированных на спутниках было значительно больше – около 30. Мы решили проанализировать поведение интенсивности космических лучей на мировой сети станций нейтронных мониторов, в тех событиях 2012 г., когда наблюдался значительный рост интегральных потоков протонов с энергией >100 МэВ, а именно в событиях 27 января, 7 марта и 13 марта 2012 г. Все эти события можно считать кандидатами в наземные возрастания солнечных космических лучей. По-видимому, в 24-м солнечном цикле уже наблюдалось больше GLEs, чем широко признано.

Протонные события (возрастание потока ускоренных заряженных частиц – протонов и ядер – в атмосфере Земли и околосолнечном космическом пространстве) это одно из важнейших и опаснейших явлений космической погоды, которое нуждается в тщательном изучении. Распределение протонных событий во времени весьма неоднородно (рисунок 1). Для изучения протонных возрастаний полезно объединять данные спутников GOES, в которых накоплена единообразная и полная информация о рентгеновских вспышках и потоках протонов в различных энергетических диапазонах, с данными мировой сети нейтронных мониторов.

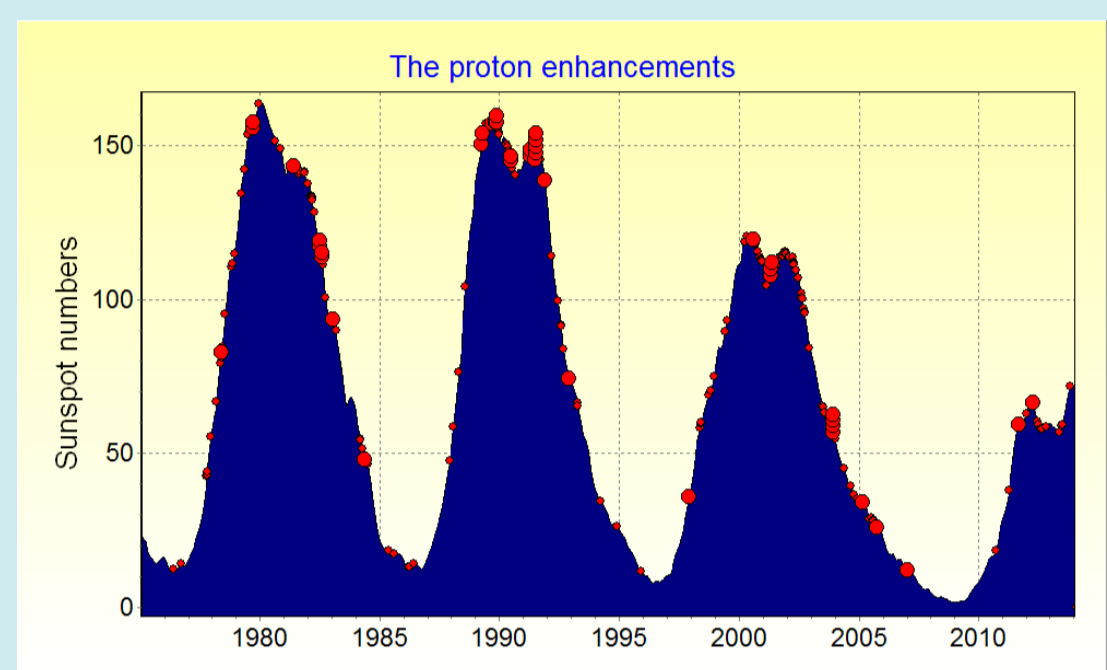


Рисунок 1 – Протонные возрастания в 1976-2013 г. на фоне сглаженных чисел солнечных пятен. Маленькими кружками отмечено время возрастаний протонов с энергией >10 МэВ выше уровня 10 rfu, большими кружками – время наземных возрастаний солнечных КЛ (GLE)

Событие 27 января 2012 г.

Первое большое протонное событие в 2012 г. началось 23 января после вспышки класса M8.7 из AO11402 (N27W71), расположенной на западном краю солнечного диска. Поток частиц с энергиями >100 МэВ составил 2.3 rfu. 24 января поток частиц с энергиями > 10 МэВ достиг 3400 rfu. (радиационная буря 3-го уровня), 25 января – 6300 rfu. (радиационная буря 2-го порядка). 26 января протонное возрастание продолжалось на уровне радиационной бури 1-го класса. Не успело это протонное возрастание закончиться, как 27 января, после первой в 2012 г. вспышки высшего класса, началось следующее. Источником вспышки стала та же активная область 11402 (N27W71), ушедшая с видимой стороны солнечного лимба. В ночь с 27 на 28 января 2012 г. в этой области произошла вспышка класса X1.7. 27 января 2012 г. началось большое протонное возрастание для частиц с энергиями >100 МэВ (11.9 rfu), поток частиц с энергиями >10 МэВ достиг 800 rfu. Для частиц с энергиями >100 МэВ, событие закончилось на следующий день – 28 января 2012 г. Для частиц с энергиями >10 МэВ событие оказалось достаточно продолжительным по времени и закончилось 1 февраля 2012 г. (рисунки 2 – 4).

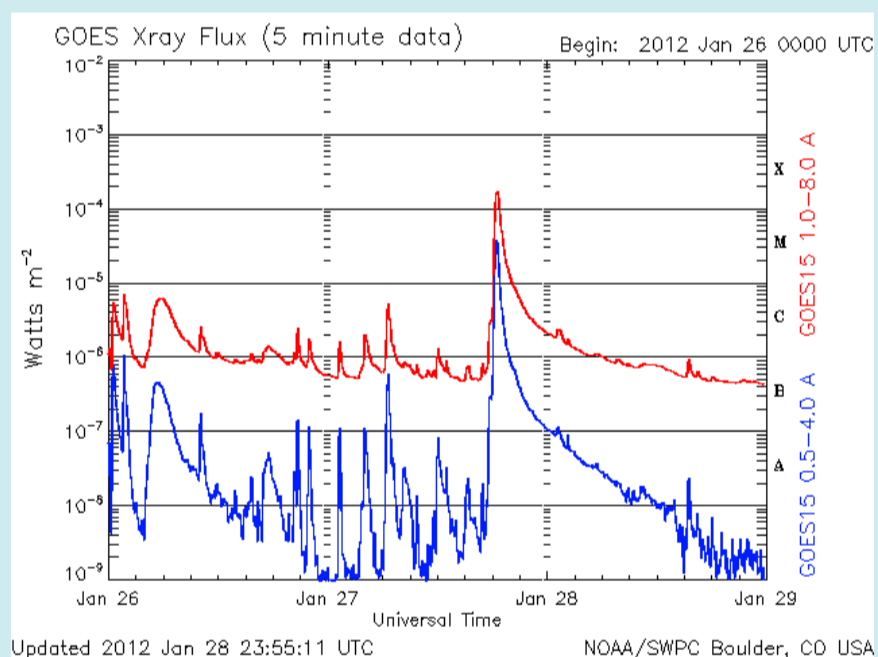


Рисунок 2 – Рентгеновское излучение по данным GOES 15 за 26 – 28 января 2012 г.

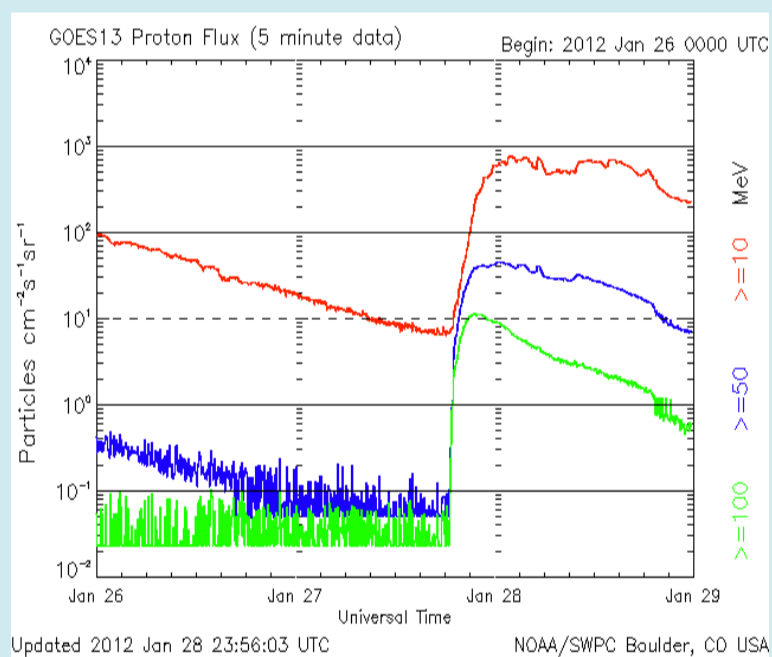


Рисунок 3 – Потоки протонов по данным GOES 13 за 26 – 28 января 2012 г.

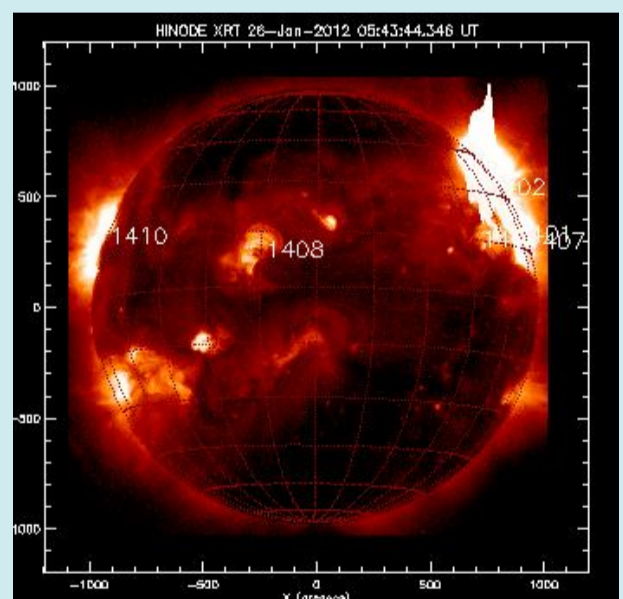


Рисунок 4 – Расположение AO11402 на солнечном диске

Ниже, на рисунках 5 и 6 приведены данные нейтронных мониторов Южный полюс В (SOPB), Южный полюс (SOPO) и Мирный (MRNY) с 10- и 30-минутным разрешением совместно с 5-минутными данными протонов с энергиями >10 МэВ, >50 МэВ, >100 МэВ по данным спутника GOES 13. Видно, что возрастание интенсивности космических лучей, зарегистрированное этими наземными станциями, началось практически одновременно с возрастаниями частиц, зарегистрированными спутником GOES 13. На других наземных станциях возрастания частиц визуально не наблюдалось. Это событие заслуживает дальнейшего изучения и моделирования, как возможное наземное возрастание солнечных космических лучей (GLE).

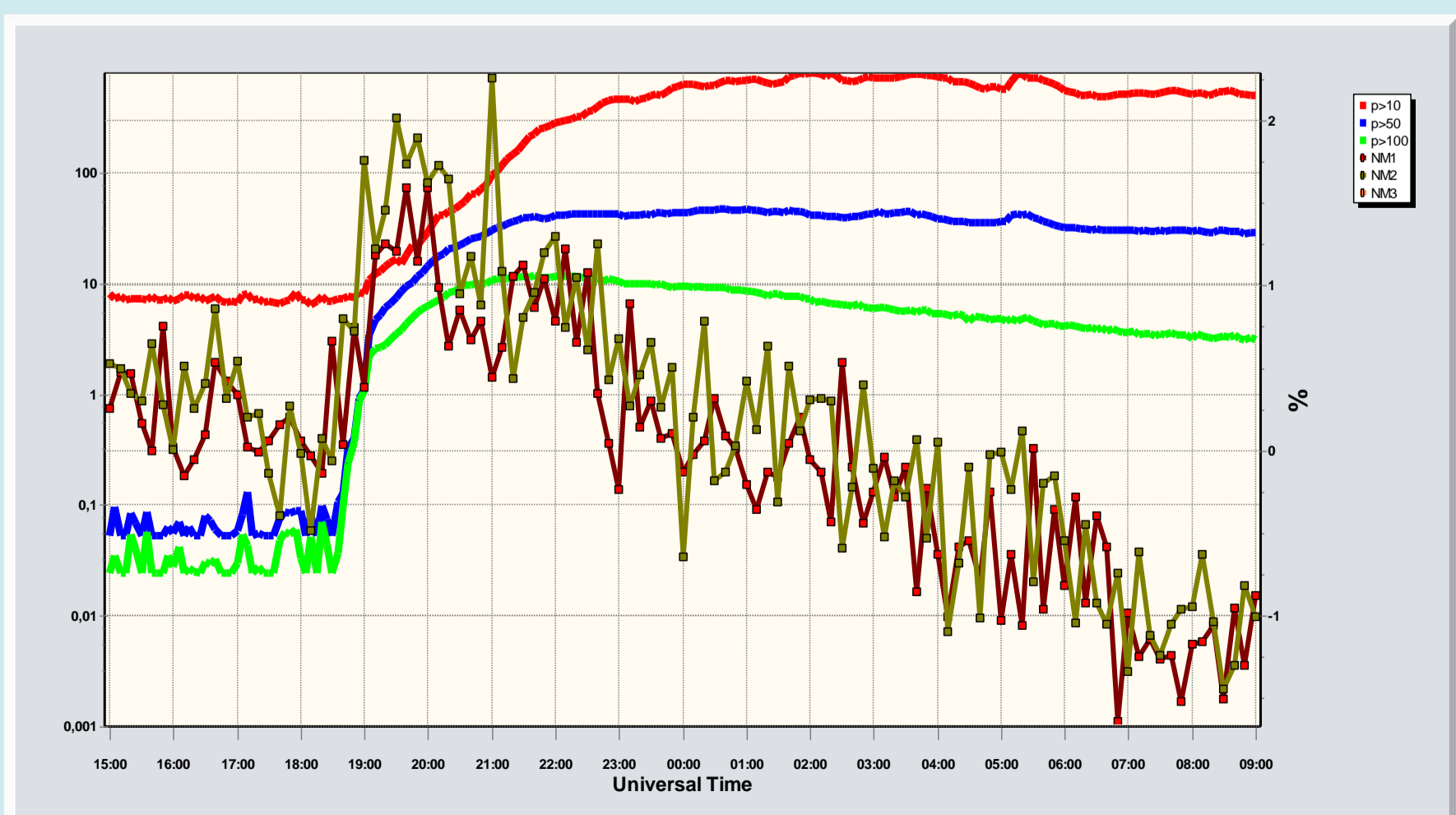


Рисунок 5 – Интенсивность нейтронных мониторов на станциях Южный полюс В (SOPB) и Южный полюс (SOPO) с 10-минутным разрешением и 5-минутные данные протонов с энергиями >10 МэВ, >50 МэВ, >100 МэВ по данным спутника GOES 13

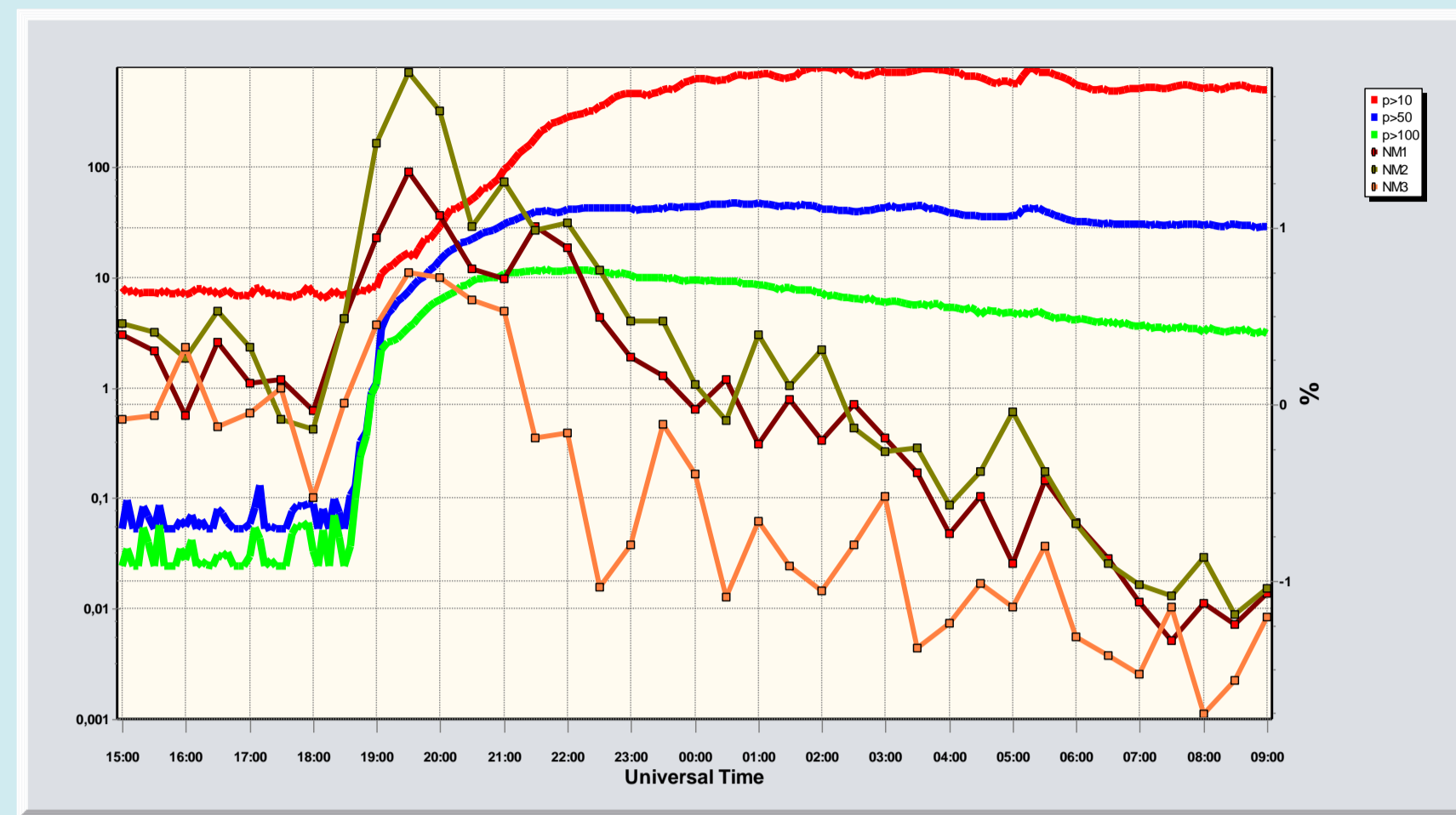


Рисунок 6 – Интенсивность нейтронных мониторов на станциях Южный полюс В (SOPB), Южный полюс (SOPO) и Мирный (MRNY) с 30-минутным разрешением и 5-минутные данные протонов с энергиями >10 МэВ, >50 МэВ, >100 МэВ по данным спутника GOES 13

Событие 7 марта 2012 г.

Следующий мощный всплеск солнечной активности начался в марте, когда на видимой стороне диска появилась активная область 11429, имеющая сложную магнитную конфигурацию и обладающая колоссальной энергией. С первых часов ее появления наблюдались вспышки M-класса. В период со 2 по 8 марта 2012 г. область произвела 38 солнечных вспышек и 3 крупных выброса вещества. Пик вспышечной активности области пришелся на 7 марта 2012 г. В этот день произошло две вспышки класса X: первая началась в 00:00 UT и закончилась в 03:49 UT из активной области 11429(N17E27), интенсивность X5.4. Вторая началась в 01:05 и закончилась в 01:30 из АО 11430(N22E12).

В результате повышенной солнечной активности, с 4 на 5 марта 2012 г. на геостационарной орбите началось небольшое протонное событие для потока частиц с энергиями >10 МэВ (4 rfu). 7 марта 2012 г. к нему добавилось новое мощное протонное событие, вызванное солнечными вспышками класса X из АО 11429 и АО11430 (рисунок 7). Для протонов с энергиями >100 МэВ, событие закончилось 11 марта 2012 г., для протонов с энергиями >10 МэВ, продолжалось, постепенно ослабевая. На рисунке 8, иллюстрирующем потоки протонов от двух вспышек класса X, четко видны два максимума, видимо, соответствующие приходам двух ударных волн.

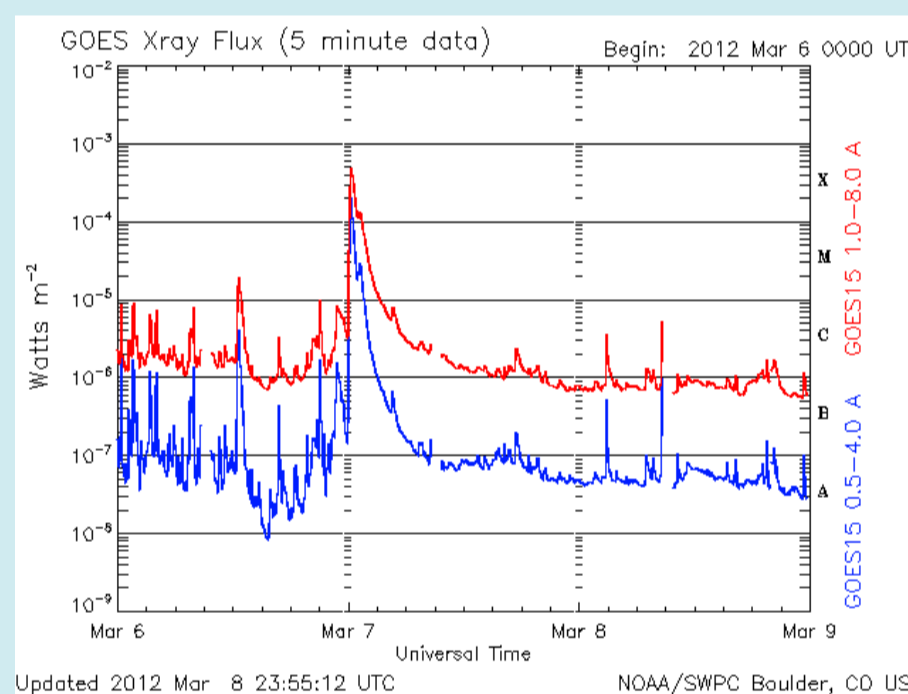


Рисунок 7 – Рентгеновское излучение по данным GOES 15 за 6 – 8 марта 2012 г.

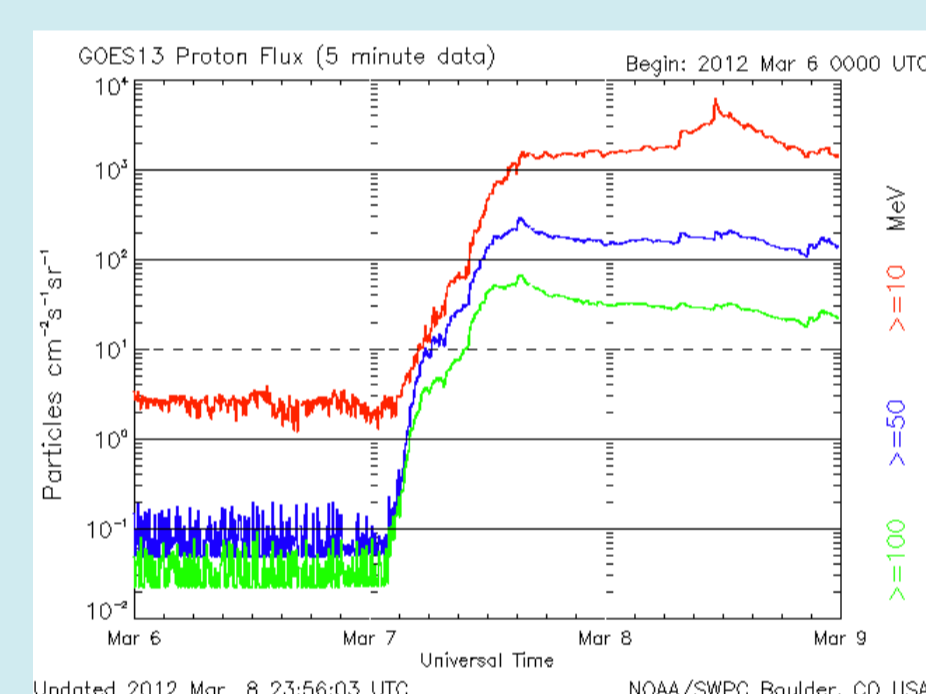


Рисунок 8 – Потоки протонов с энергиями > 10 МэВ, > 50 МэВ и > 100 МэВ по данным спутника GOES 13 за 6–8 марта 2012 г.

Ниже, на рисунках 9 и 10 приведены данные нейтронных мониторов Тикси (ТХВУ), Форс Шмит (FSMT), Южный полюс В (SOPB), Южный полюс (SOPO), Туле (THUL) и Инувик (INVK) с 10- и 30-минутным разрешением совместно с 5-минутными данными протонов с энергиями >10 МэВ, >50 МэВ, >100 МэВ по данным спутника GOES 13.

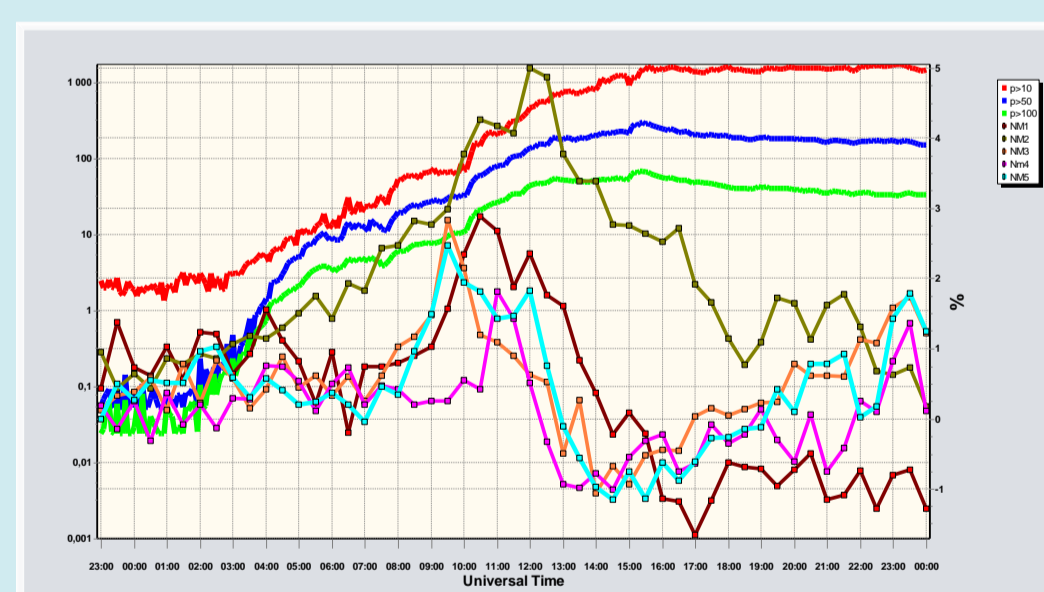


Рисунок 9 – Интенсивность нейтронных мониторов на станциях Тикси (ТХВУ), Южный полюс В (SOPB), Форс Шмит (FSMT), Туле (THUL) и Инувик (INVK) с 30-минутным разрешением и 5-минутные данные протонов с энергиями >10 МэВ, >50 МэВ, >100 МэВ по данным спутника GOES 13

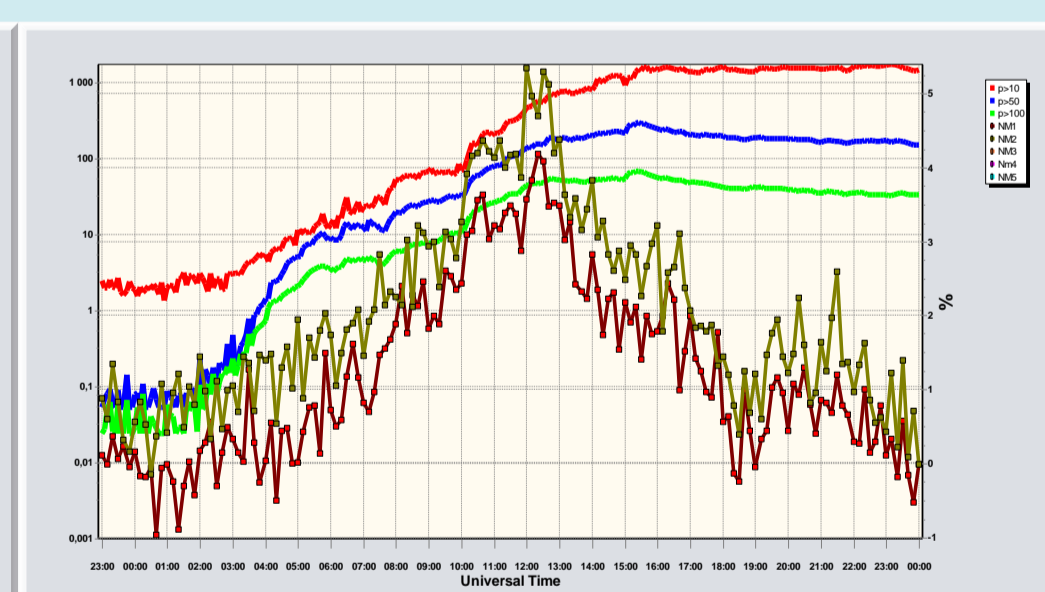


Рисунок 10 – Интенсивность нейтронных мониторов на станциях Южный полюс В (SOPB) и Южный полюс (SOPO) с 10-минутным разрешением и 5-минутные данные протонов с энергиями >10 МэВ, >50 МэВ, >100 МэВ по данным спутника GOES 13

Событие 13 марта 2012 г.

Ниже, на рисунке 11, приведены данные нейтронных мониторов на станциях Южный полюс В (SOPB) и Южный полюс (SOPO) с 10-минутным разрешением и 5-минутные данные протонов с энергиями >10 МэВ, >50 МэВ, >100 МэВ по данным спутника GOES 13. Видно, что рост интенсивности космических лучей на наземных станциях начался чуть раньше возрастания частиц на спутнике GOES 13, что зволяет предположить вклад солнечных частиц в интенсивность космических лучей.

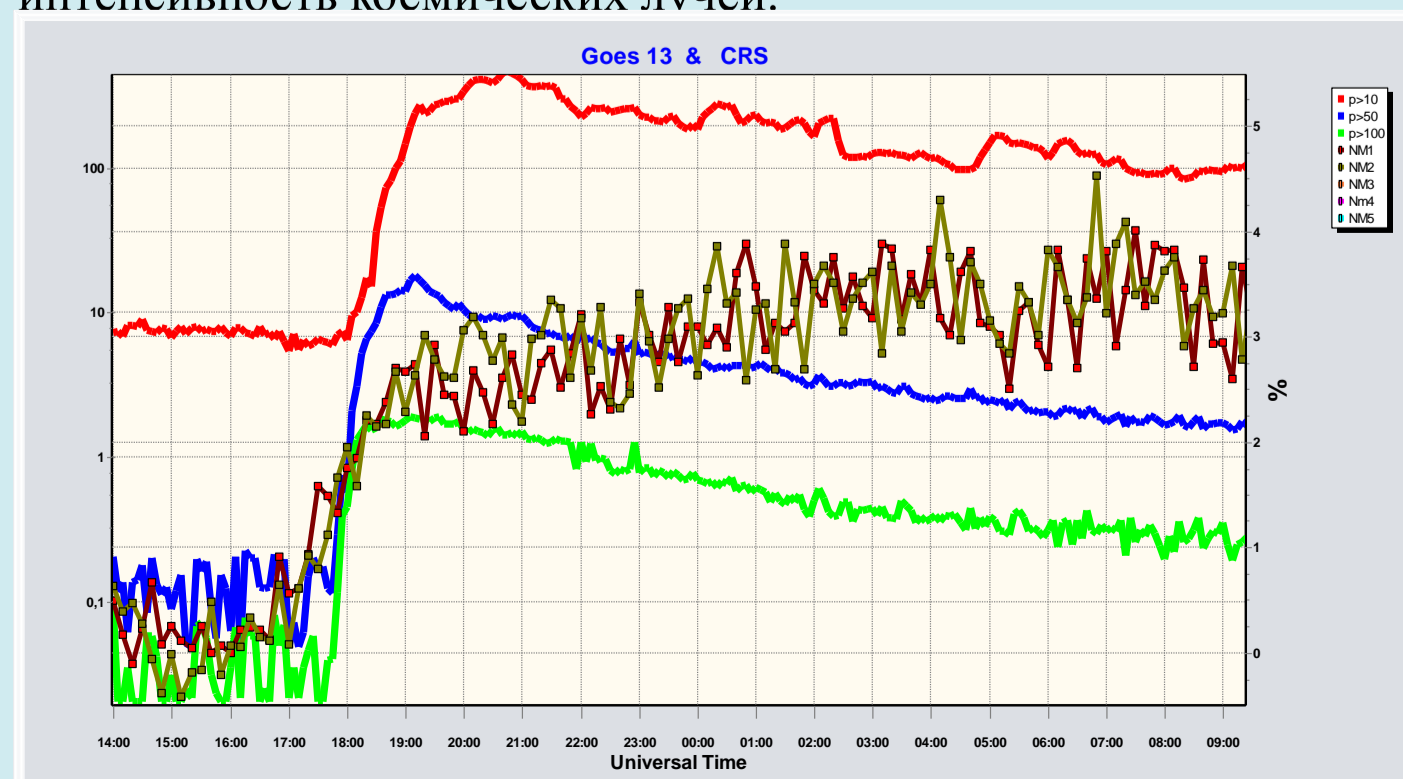


Рисунок 11 – Интенсивность нейтронных мониторов на станциях Южный полюс В (SOPB) и Южный полюс (SOPO) с 10-минутным разрешением и 5-минутные данные протонов с энергиями >10 МэВ, >50 МэВ, >100 МэВ по данным спутника GOES 13 13 марта 2012 г.

Эти события заслуживают дальнейшего изучения и моделирования, как возможные наземные возрастания солнечных космических лучей (GLE).