

События с энергичными солнечными частицами в 21-24 циклах солнечной активности

Г.А. Базилевская¹, Ю.И. Логачёв², Э.В. Вашенюк³, Е.И. Дайбог²,
В.Н. Ишков^{2,4}, Л.Л. Лазутин², Л.И. Мирошниченко^{2,4},
М.Н. Назарова⁵, И.Е. Петренко⁵, А.Г. Ступишин⁶, Г.М. Сурова²,
О.С. Яковчук²

1ФИАН, 2НИИЯФ МГУ, 3ПГИ РАН, 4ИЗМИРАН, 5ИПГ, 6 НИИФ СПбГУ

33-я Всероссийская конференция
по космическим лучам,
г. Дубна Московской области
11-15 августа 2014 г.



Каталоги солнечных протонных событий под редакцией

Ю.И. Логачёва

- Продолжение каталога Z. Švestka и P. Simon [Dodson et al., 1975] для СПС 1955-1969
- 5 томов «Каталога солнечных протонных событий», 4 цикла СА(1970 – 1996) <http://www.wdcb.ru/stp/data/PRCATFINAL/>
- Состав каталогов:
 - Потоки и интегральные энергетические спектры протонов, превышающие $1/\text{см}^2\cdot\text{с}\cdot\text{ср}$ (1 rfu) при энергии $E \geq 10$ МэВ.
 - Схематические временные профили потоков протонов для одного или нескольких значений энергии
 - Привязка к Солнечным событиям

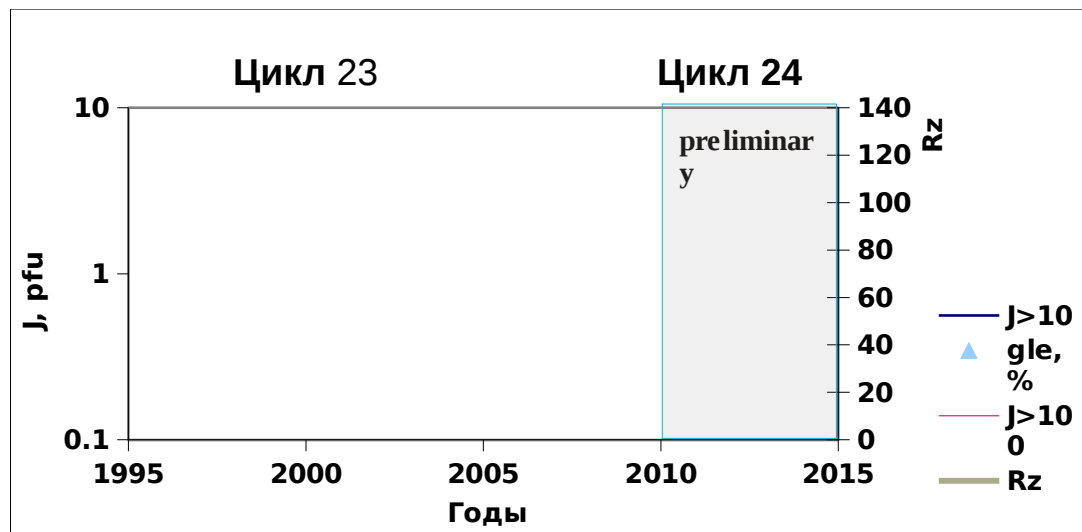
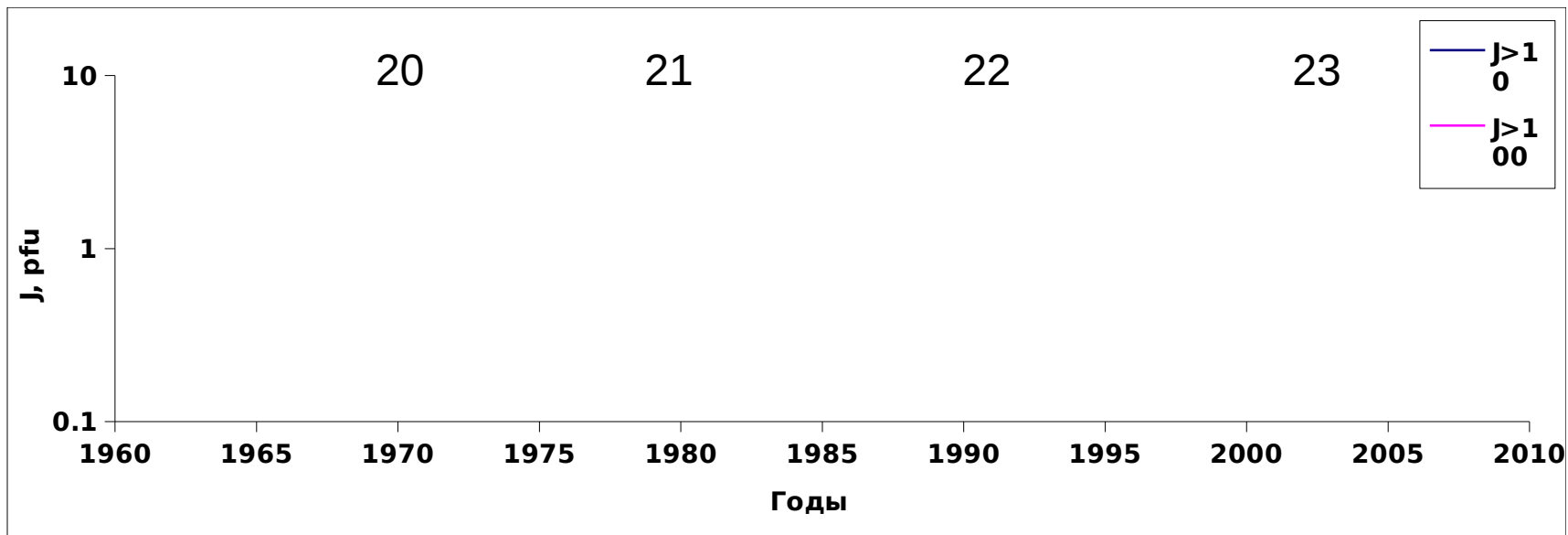
Близка к завершению работа по созданию подобного каталога для 23 солнечного цикла (СЦ): 1997 – 2009 гг. 142 события
<http://www.kosmofizika.ru/katalog/katalog.htm>

686 событий за весь период 1955-2009

Задача данной работы: сравнить текущий 24-й цикл солнечной активности с предыдущими циклами 20-23 по характеристикам энергичных солнечных протонов.

План

- Распределение во времени согласно Каталогам события СКЛ с $E > 10$ МэВ, $E > 100$ МэВ и $E > 1000$ МэВ (т.н. наземные возрастания, GLE).
- Сравнение числа этих событий между собой и с числом солнечных пятен.
- Главное отличие цикла 24 в части событий СКЛ.
- Сравнение предполагаемых источников СКЛ с $E > 100$ МэВ в циклах 23 и 24.
- **Выводы**

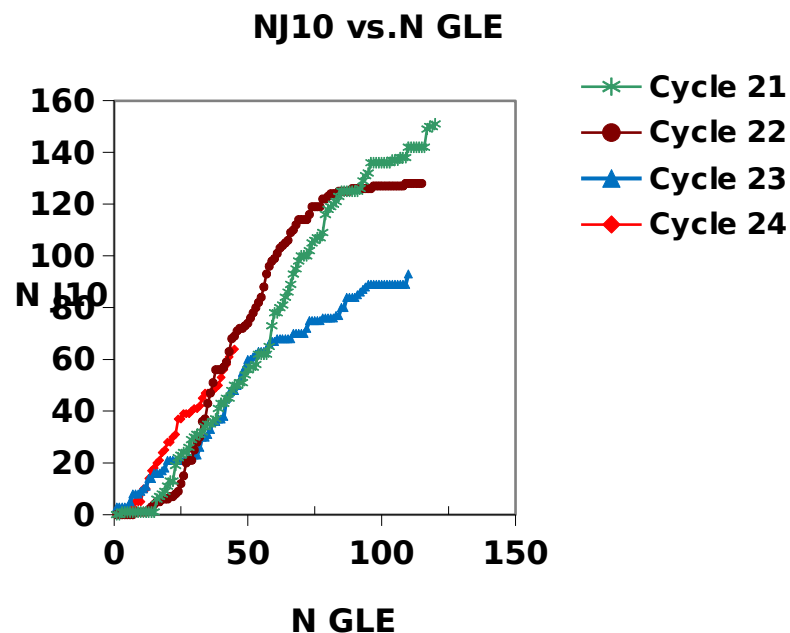
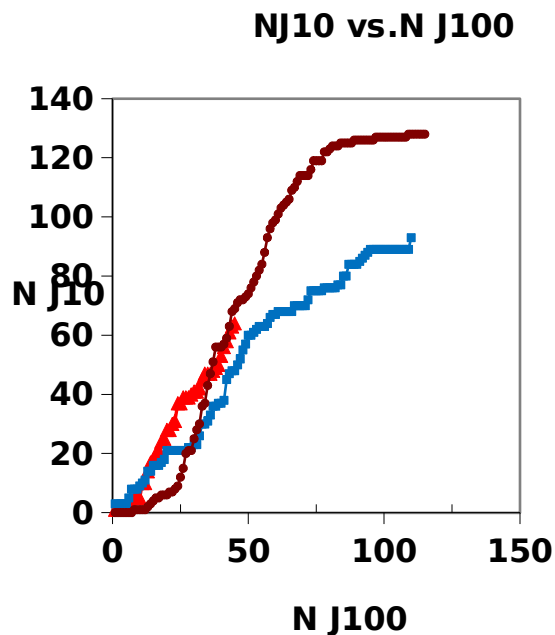


Последнее зарегистрированное событие с $E > 100$ МэВ – 18.04.2014. Это 64-й месяц с начала 24-го цикла.

Статистика событий СКЛ на 64-й месяц с начала цикла (апрель 2014 г. – 64-й месяц цикла 24)

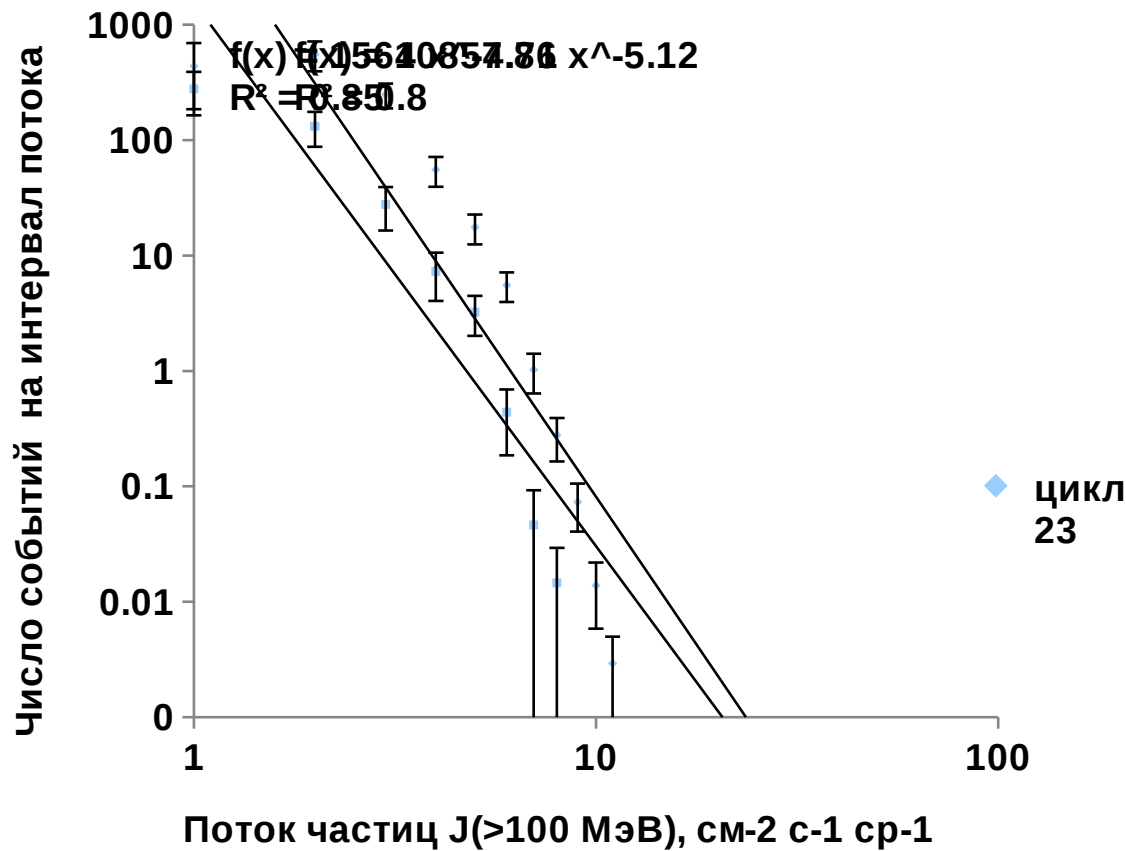
Цикл	Число событий СКЛ				
	начало	месяц 64	GLE	J(>10 МэВ)	J(>100 МэВ)
21	1976.5	1981.71	8	84	37
22	1986.8	1992.04	13	105	55
23	1996.4	2001.63	7	50	30
24	2008.9	2014.29	1	64	27

Цикл	Отношение к Rz накоплен. (умноженное на 100)						
	начало	месяц 64	Rz	Rz накопл	GLE	J(>10 МэВ)	J(>100 МэВ)
21	1976.5	1981.71	167	6481	0.12	1.30	0.57
22	1986.8	1992.04	150	7108	0.18	1.48	0.77
23	1996.4	2001.63	107	4471	0.16	1.12	0.67
24	2008.9	2014.29	85	2731	0.04	2.34	1.35



Соотношение между числом событий с протонами с $E > 10$ МэВ (N_{J10}) и $E > 100$ МэВ (N_{J100}) в циклах 21-24 практически одинаковое, в то время как событий GLE в текущем цикле должно было бы уже быть 5-6, тогда как имеем 1.

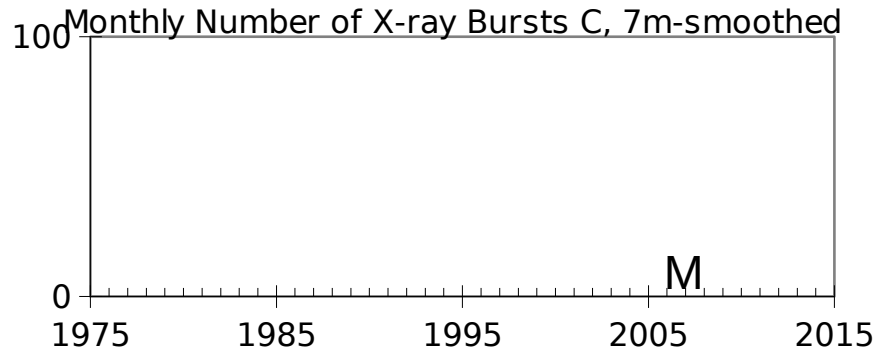
Далее считаем, что цикл 23 – нормальный
и сравниваем источники >100 МэВ
протонов в циклах 23 и 24



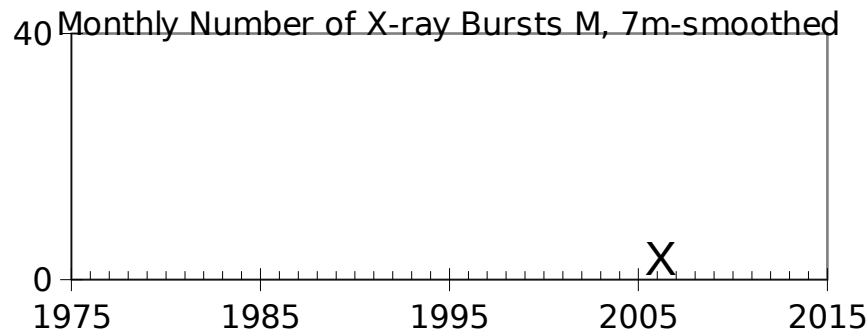
Распределение событий по величине потока частиц с энергией $>100 \text{ МэВ}$ обнаруживает в цикле 24 дефицит событий с большими потоками.

Изменились ли характеристики
источников СКЛ ($E > 100$ МэВ) в цикле
24?

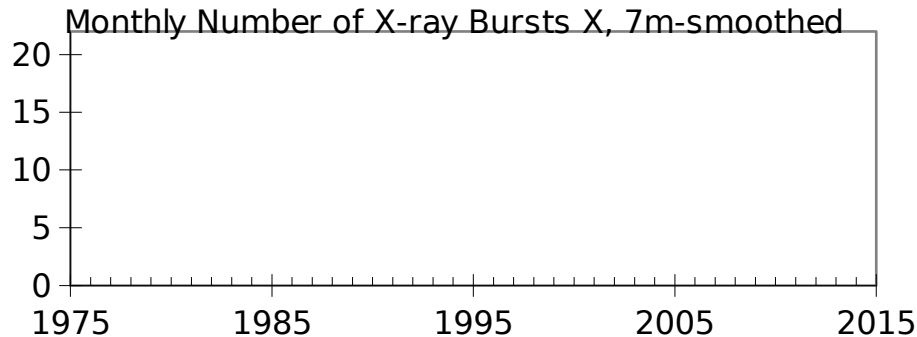
ВСПЫШКИ



Число рентгеновских
вспышек разных баллов за
месяц

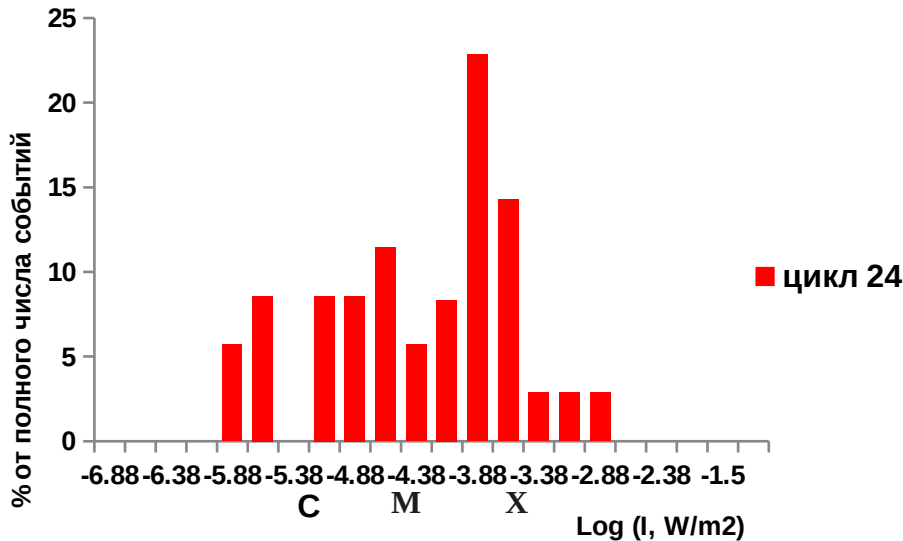
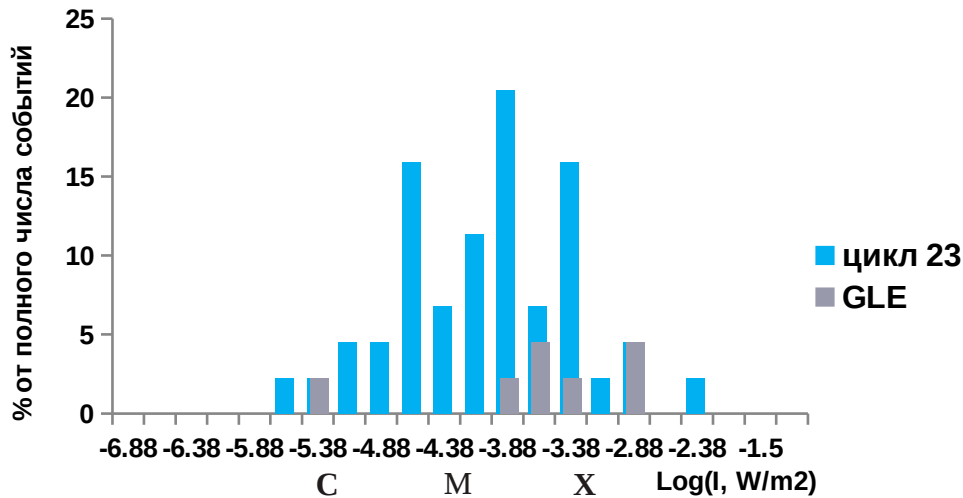


Начиная с цикла 23,
количество мощных
рентгеновских всплесков
сильно сократилось



<ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-flares/x-rays/>

Распределение вспышек, связанных с СКЛ с $E > 100$ МэВ, первые 64 месяца цикла

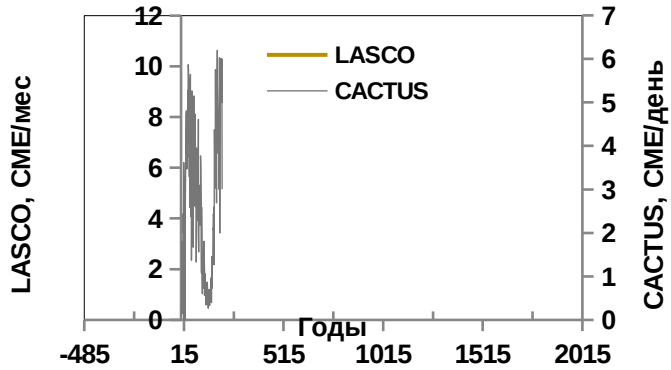


Распределения родительских рентгеновских вспышек по мощности для событий с >100 МэВ протонами (нормированы к 100%) за первые 64 месяца 23 и 24 солнечных циклов.

Видно, что распределение родительских вспышек для событий с >100 МэВ обеднено мощными вспышками (но незначительно!)

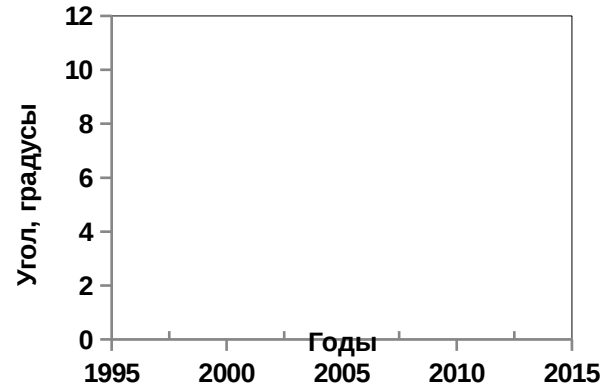
Корональные выбросы массы (CME)

CME частота, LASCO, CACTUS



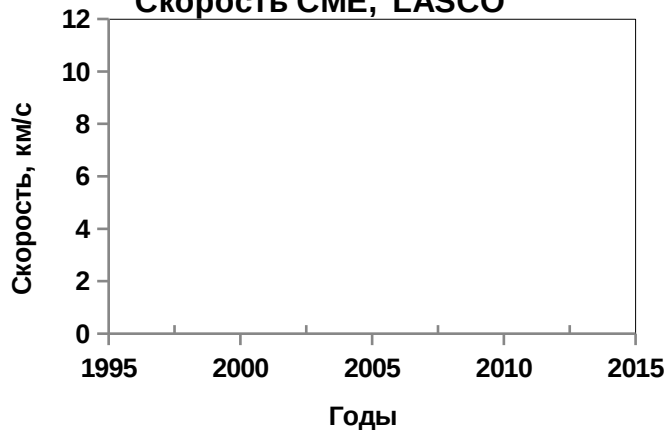
Частота CME практически не изменилась.

CME угол раствора, LASCO



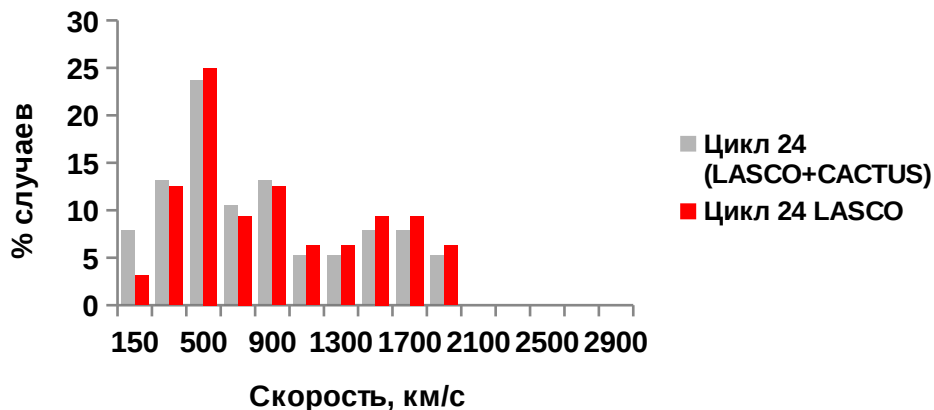
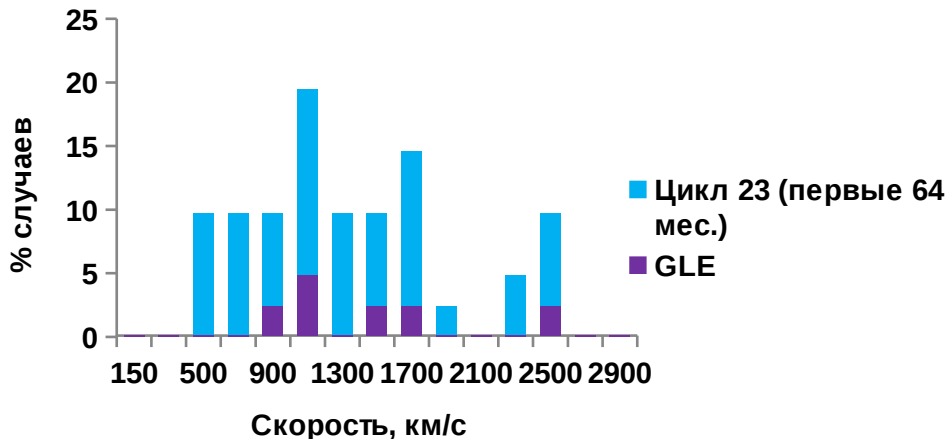
Средний угловой раствор стал немного меньше.

Скорость CME, LASCO



Средняя скорость заметно снизилась.

Распределения по скоростям СМЕ, связанных с событиями E>100 МэВ



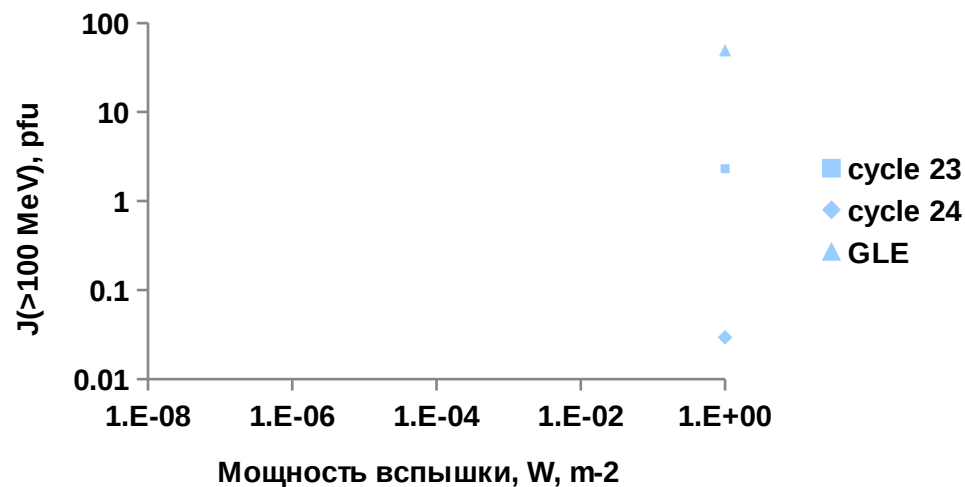
Характеристики событий с частицами > 100 МэВ существенно отличаются от средних и практически не изменились.

Распределение для GLE статистически не обеспечено, но по-видимому, не очень отличается от общего распределения для событий с протонами >100 МэВ.

Все распределения нормированы на 100%.

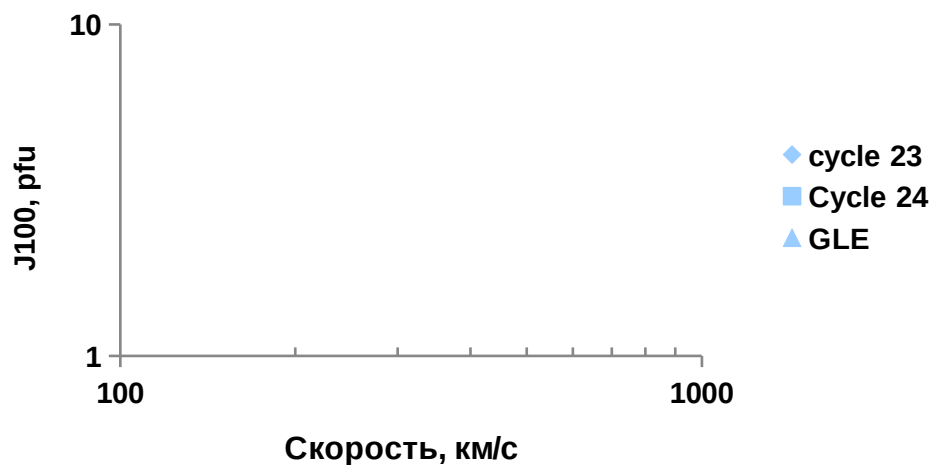
	Скорость, км/с	Угол раствора, °	Число событий
Цикл 24	1235 ± 89	302 ± 17	38
Цикл 23 (64 мес)GLE	1489 ± 226	300 ± 38	6
Цикл 23 (64 мес)	1363	298	

Поток СКЛ с $E > 100$ МэВ и мощность вспышки



Видно, что все GLE характеризовались высокой интенсивностью протонов с $E > 100$ МэВ, мощными родительскими вспышками и высокими скоростями СМЕ. 24 цикл обеднен и мощными вспышками и СМЕ с высокими скоростями.

Поток СКЛ с $E > 100$ МэВ и скорость СМЕ



ТЕМ НЕ МЕНЕЕ, GLE заметно отличаются по интенсивности протонов, а по характеристикам рентгеновских вспышек и СМЕ укладываются в обычные распределения для источников событий с $E > 100$ МэВ. Различия по интенсивности больше, чем различия в характеристиках родительских вспышек и СМЕ!

Выводы

Несмотря на низкую солнечную активность, число событий СКЛ с энергией протонов > 10 МэВ и > 100 МэВ в цикле 24 мало отличается от числа таких же событий за первых 64 месяца с начала цикла, наблюдается дефицит GLE.

Хотя отношение числа событий с $E > 10$ МэВ к числу событий с $E > 100$ МэВ такое же, как в предыдущих 3-х циклах, события с E протонов > 100 МэВ в цикле 24 отличаются меньшей интенсивностью протонов в максимуме солнечного протонного события.

Мощность родительских рентгеновских вспышек, скорость и угол раствора CME различаются не слишком существенно для > 100 МэВ событий в циклах 23 и 24.

Нужно искать причину в чем-то ином! Исследовать другие характеристики источников.

СПАСИБО!