

## ВЛИЯНИЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ГЕЛИОСФЕРНЫХ СТРУКТУР НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГИЧНЫХ ПРОТОНОВ

Ю.И. Логачев<sup>1</sup>, Г.А. Базилевская<sup>2</sup>, Н.А. Власова<sup>1</sup>, Е.А. Гинзбург<sup>3</sup>, Е.И. Дайбог<sup>1</sup>,  
А.В. Дмитриев<sup>1</sup>, В.В. Калегаев<sup>1,4</sup>, К.Б. Капорцева<sup>1,4</sup>, И.Н. Мягкова<sup>1</sup>, А.В. Суворова<sup>1</sup>

*группа «Каталог»*

1 Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына  
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

2 Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской Академии наук

3 Институт прикладной геофизики имени академика Е.К.Федорова

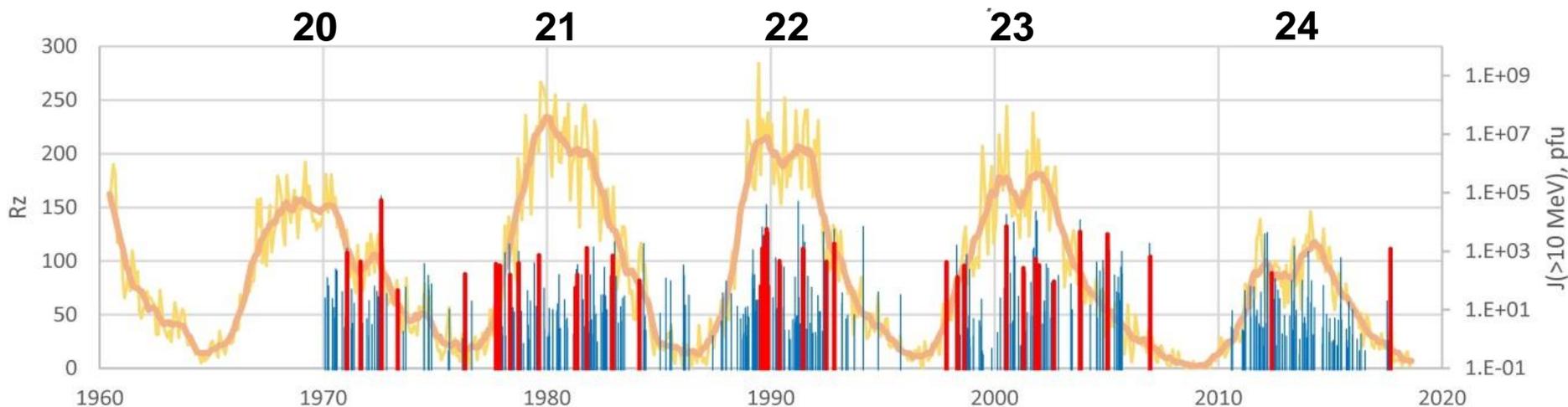
4 Физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

г. Москва, Россия

*Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ им. М.В. Ломоносова*

**НИИЯФ 2025**

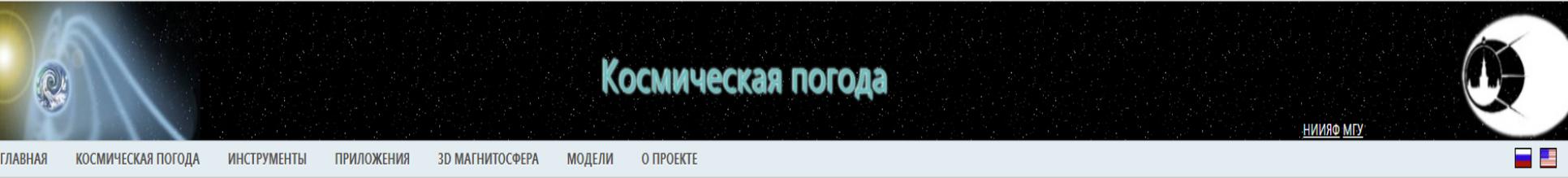
Первый Каталог (1955-1969 гг.) был составлен в 1975 г. международной исследовательской группой (при участии советских ученых) под руководством известных специалистов по физике Солнца Z. Svestka & P.Simon. Серия каталогов СПС 20-24 циклов СА (под редакцией Ю.И. Логачева) - оригинальный проект, не имеющий аналогов в мировой научной практике, так как охватывает огромный временной интервал (1970 - 2019 гг., т.е. практически 5 полных 11-летних циклов солнечной активности).



Каталоги СПС с 20 по 24 циклы СА размещены в *Мировом Центре Данных* по солнечно-земной физике [<http://www.wdcb.ru/stp/data/SPE/>].

Каталог СПС 23 цикла СА размещен также в Национальной базе гелиогеофизических данных США в разделе «Космическая погода» [<https://www.ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/interplanetary-data/solar-proton-events/documentation/>].

На сайте Центра данных оперативного космического мониторинга НИИЯФ МГУ [http://smdc.sinp.msu.ru] в разделе «Космическая погода» создана страница Каталогов СПС 24-25 циклов СА [http://swx.sinp.msu.ru/apps/sep\_events\_cat/index.php?gcm=1&lang=en]



- Текущее состояние ОКП
- Гелиосфера
- Магнитосфера
- Астрофизика

### Каталоги Солнечных Протонных Событий 20-25 Циклов Солнечной Активности

- 20TH CYCLE
- 21TH CYCLE
- 22TH CYCLE
- 23TH CYCLE
- 24TH CYCLE
- 25TH CYCLE

## 25th Cycle of Solar Activity (2020-2029)

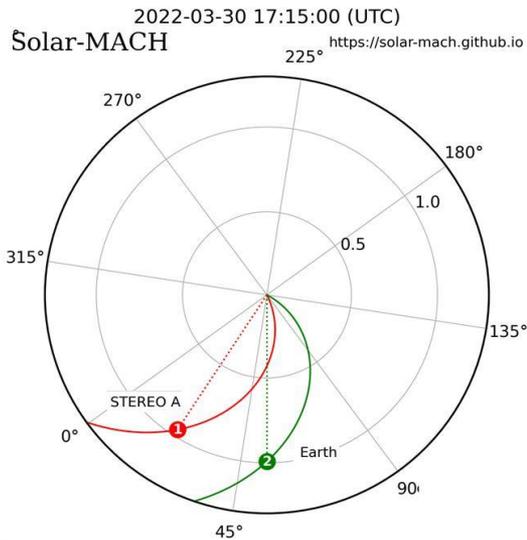
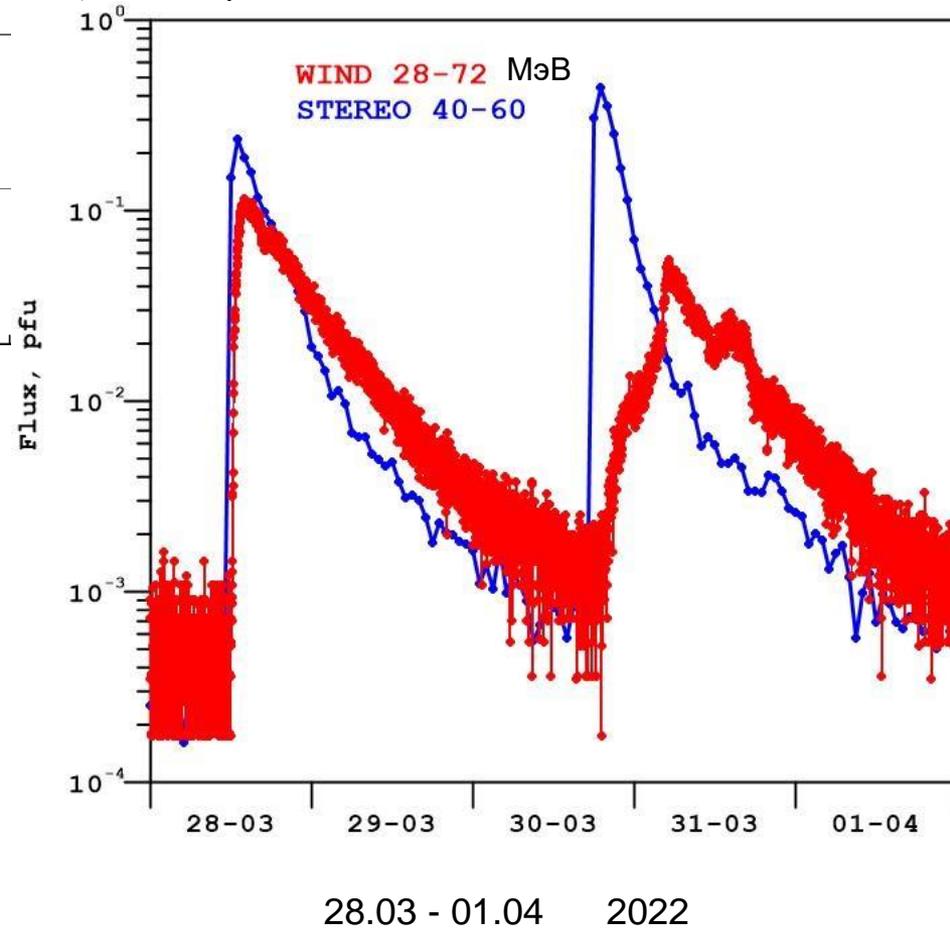
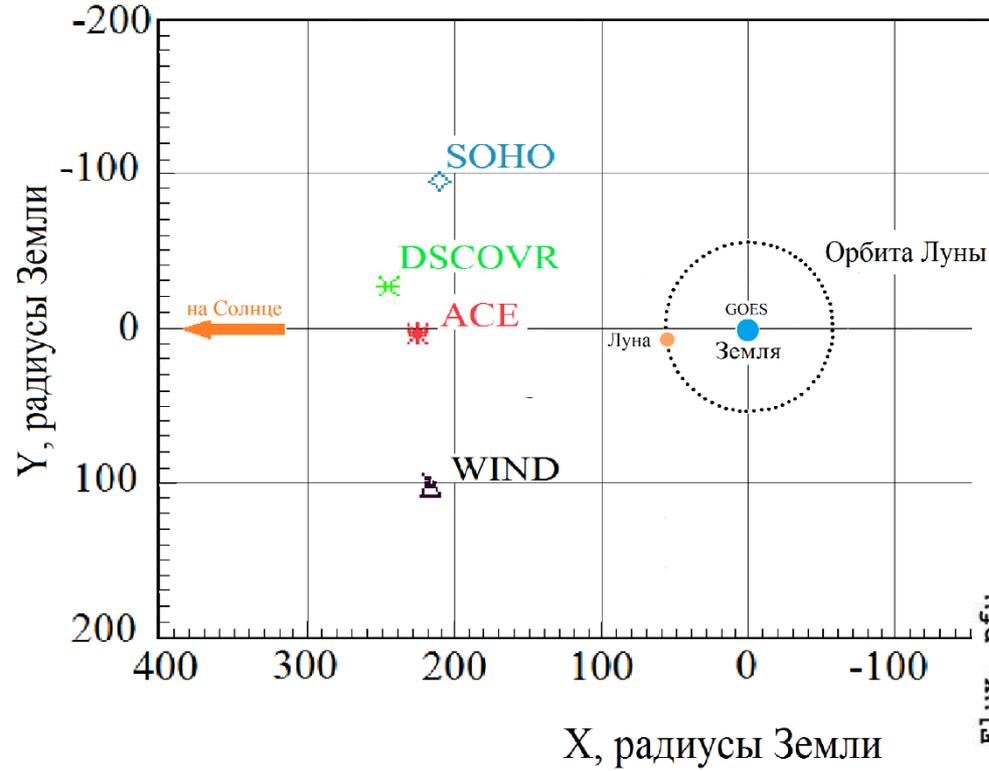
HELP

### Event Browser

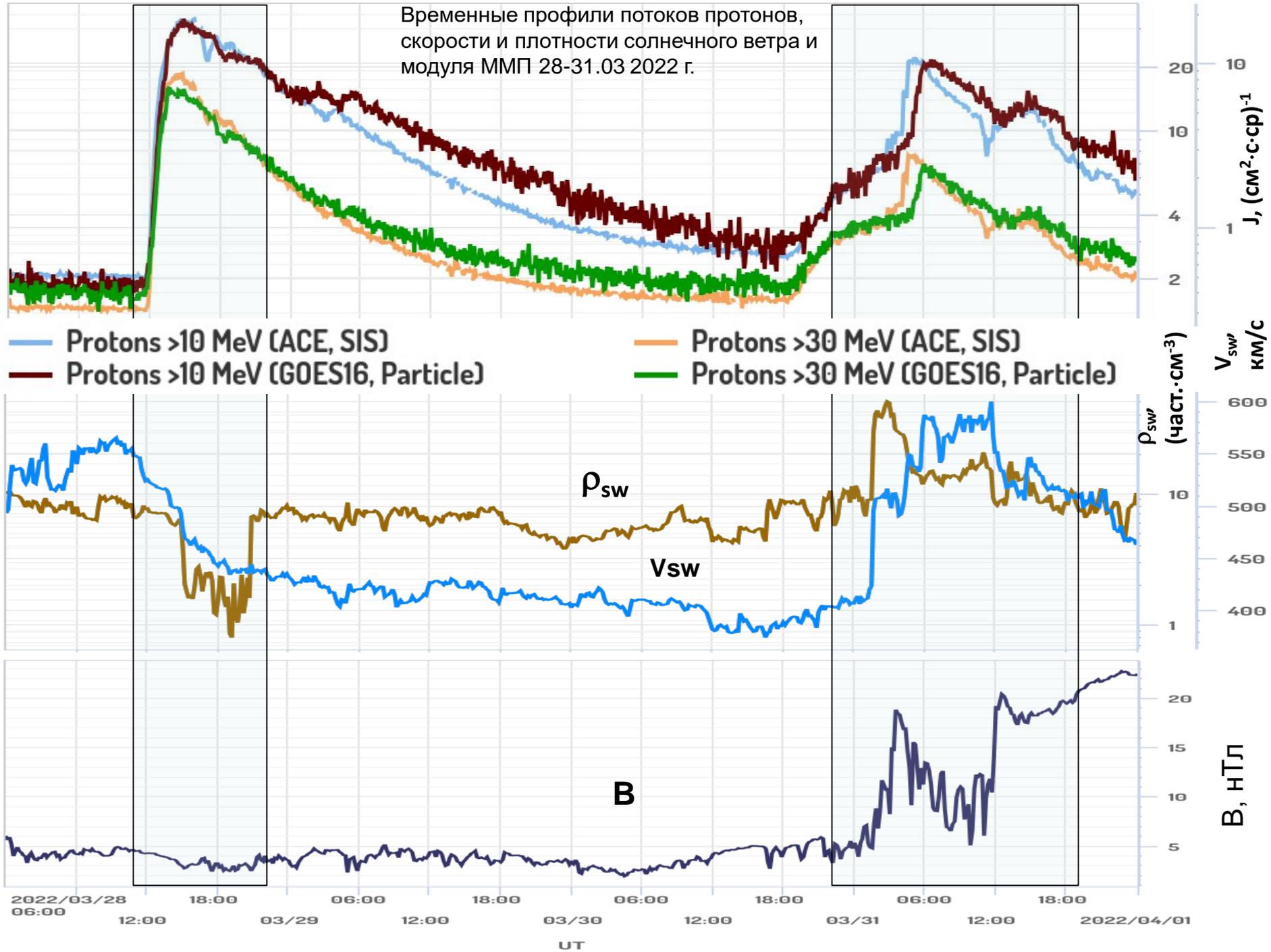
SEARCH

Event Date	Solar Proton Events						Source		Flare			CME		AR
	Start (Day/UT)	Tmax <sub>1</sub> (UT)	Jmax <sub>1</sub> (pfu)	V <sub>1</sub>	Eqm <sub>max1</sub> (MeV)	GLE	Source max 1	Confidence of The Source Association	T <sub>0</sub> FL (Day/UT)	Importance (Xray/Opt)	Localization	T <sub>0</sub> CME (Day/UT)	CME (data)	AR
2020.11.30-335	01h20m	01d06h55m	6	2.6			FL	1	29d12h34m	M4.4/	S23E90	29d13h26m	2077/360/360	12790
2020.12.07-342	18h00m	08d04h55m	0.9	0.8			FL	1	07d15h46m	C7.4	S25W08	07d16h24m	1407/360/360	12790

# Космические аппараты и экспериментальная информация



Временные профили потоков протонов, скорости и плотности солнечного ветра и модуля ММП 28-31.03 2022 г.



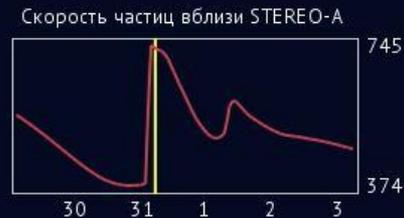
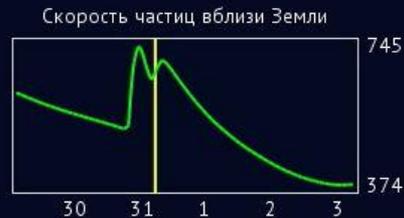
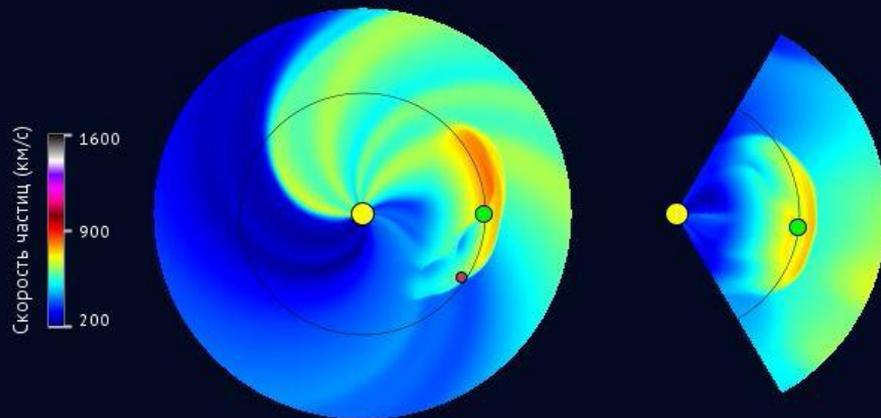
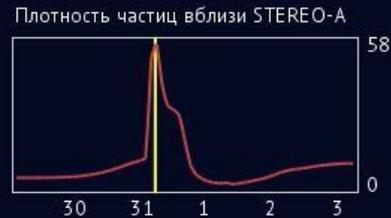
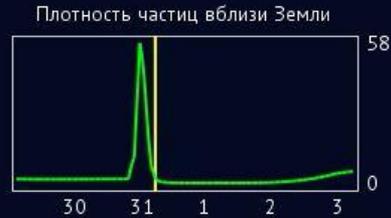
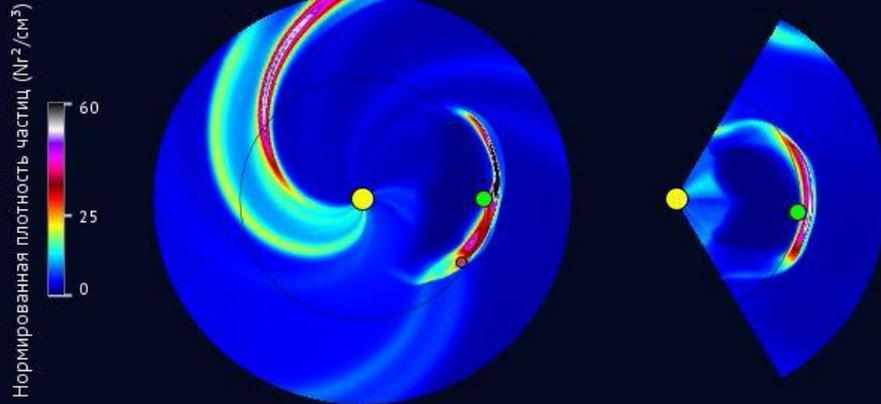
# Результаты моделирования прихода МКВМ в околоземное пространство

☀ Солнечный ветер

Постоянные граничные условия

Служба работает в тестовом режиме

2022-03-31T07:00:00



2022-03-29

Служба прогноза  
солнечного ветра и  
КВМ

Санкт-Петербургский  
международный  
математический  
институт имени  
Леонарда Эйлера  
СПбГУ

Санкт-Петербургский  
государственный  
электротехнический  
университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова  
(Ленина)

Руководитель  
Дмитрий Павлов

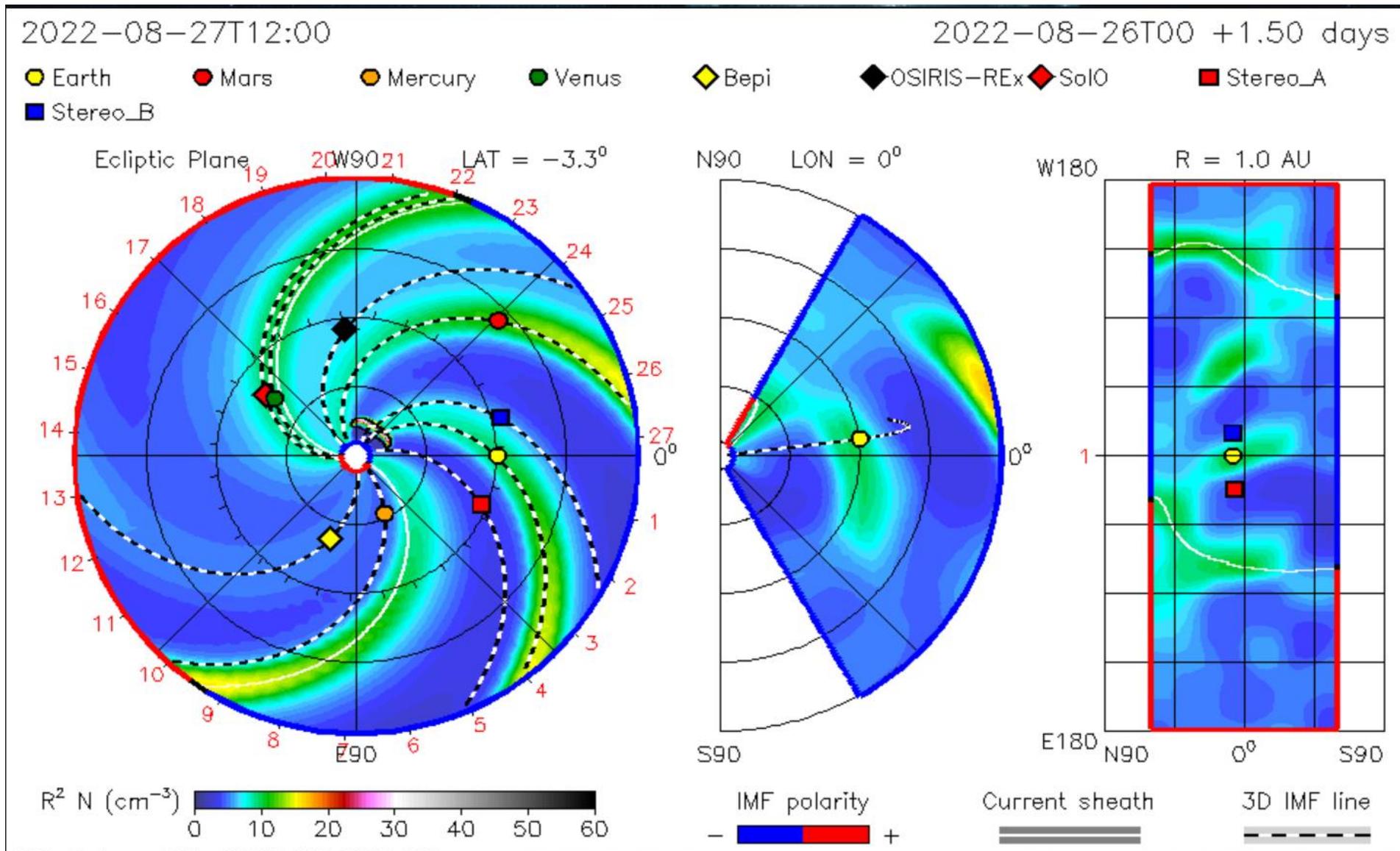
Граничные условия  
предоставлены  
SWPC, МГД-  
симулятор PLUTO.

<https://solarwind.entroforce.ru/>

Временные профили потоков протонов, скорости и плотности солнечного ветра и  $V_x$ ,  $V_y$  и модуля ММП с 16:00 UT 30.03 по 14:00 UT 01.04 2022 г.

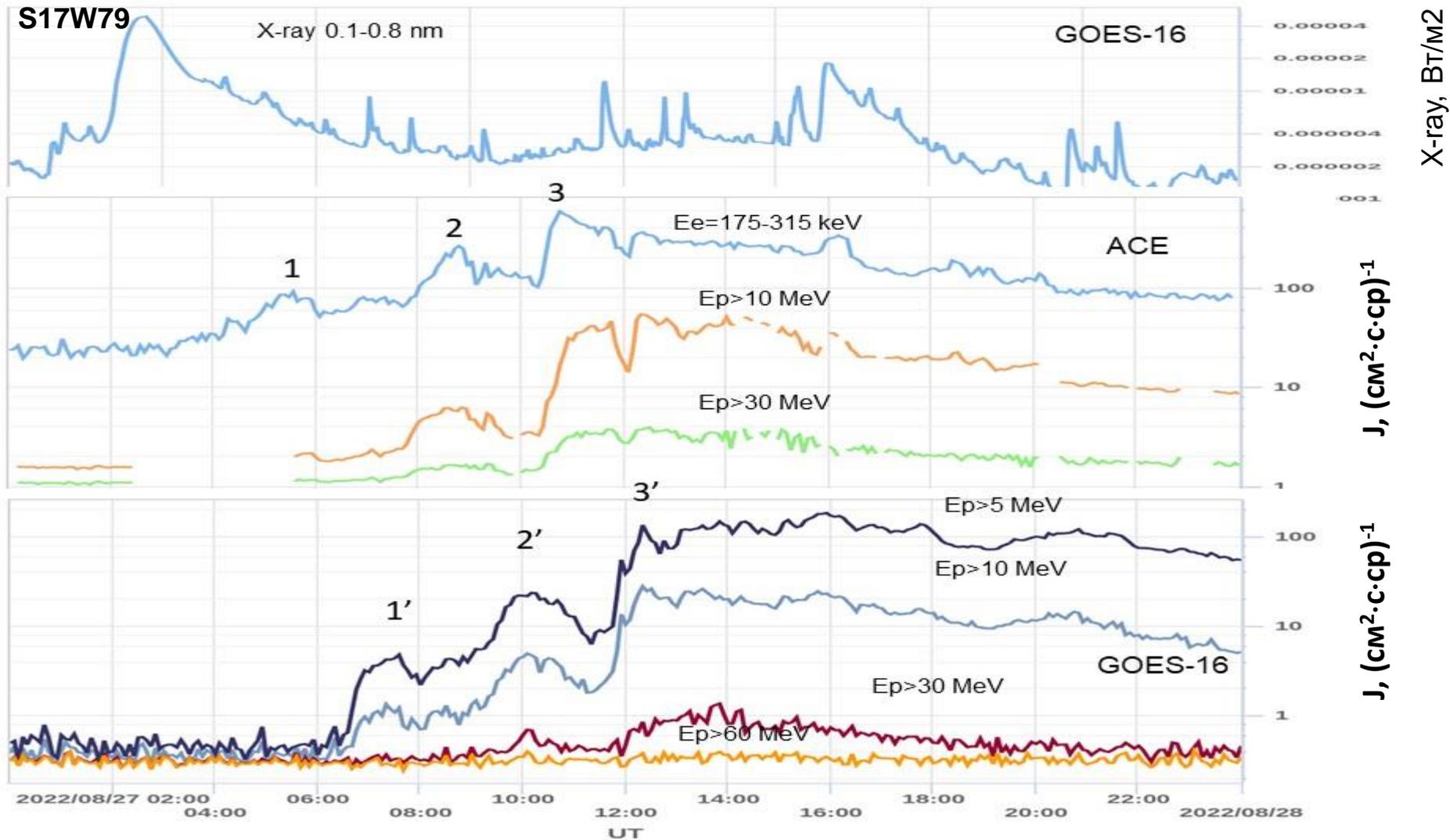


# Результаты моделирования скорости солнечного ветра 27.08.2022 (12 UT)



M4.88

Временные профили 27.08.2022



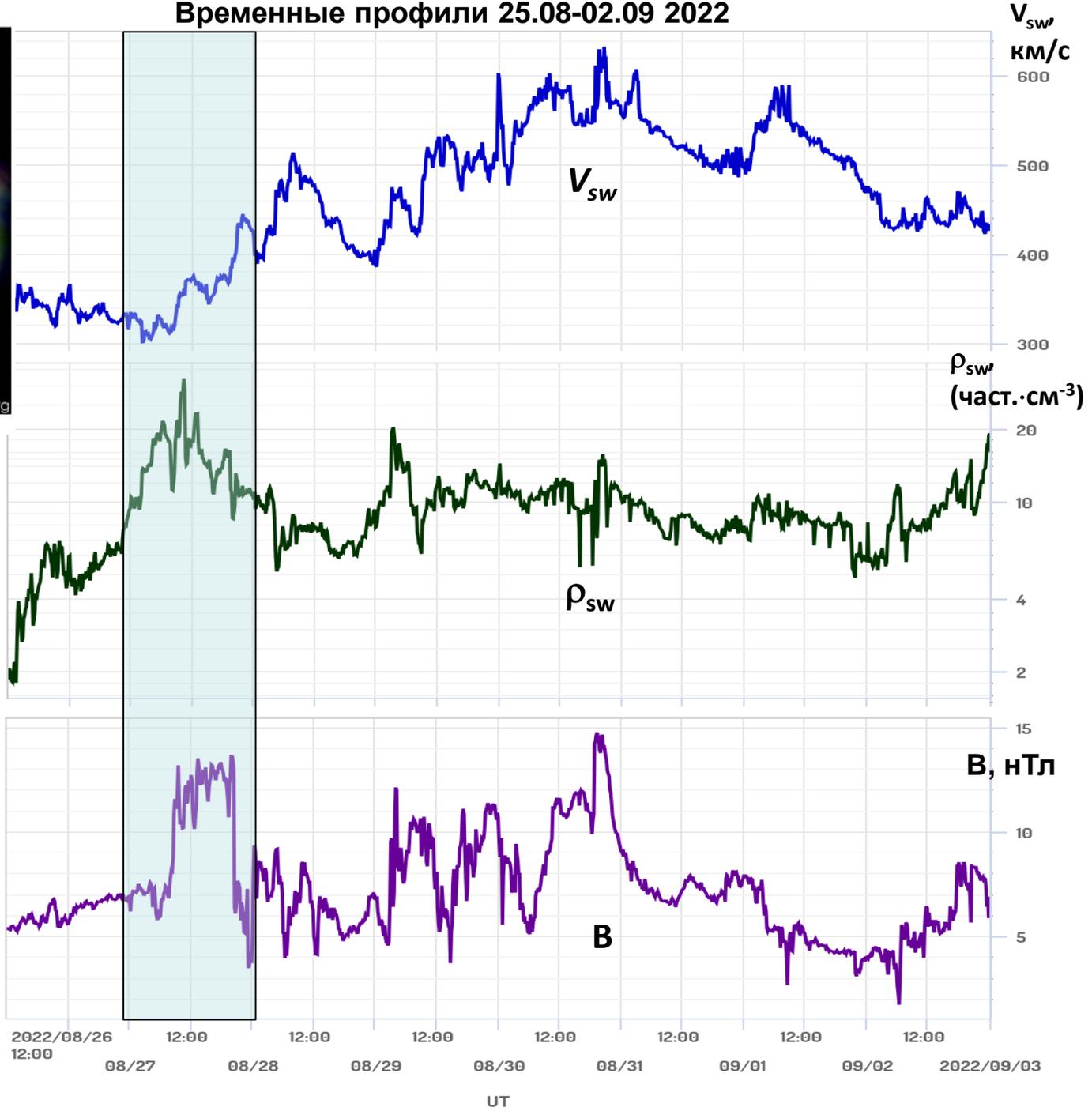
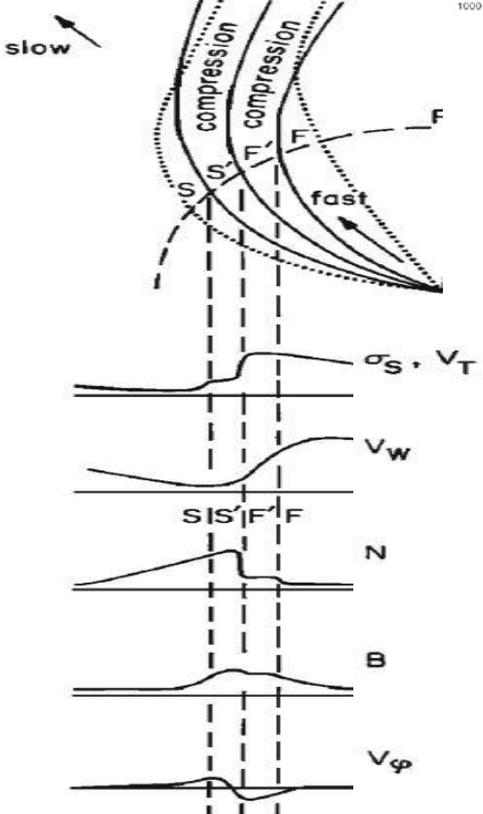
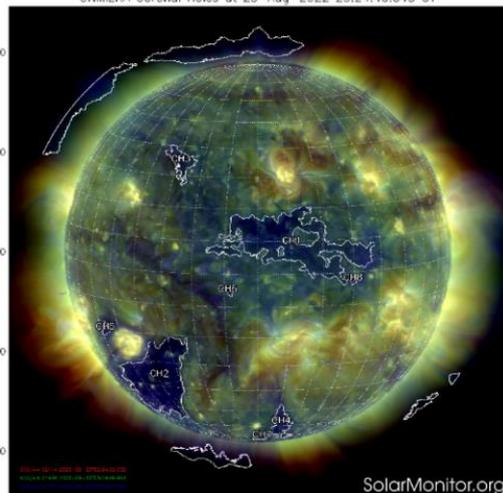
Особенности СПС:

- локальные максимумы потоков электронов и протонов на фазе роста потоков по данным КА ACE;
- отсутствие энергетической дисперсии прихода частиц;
- приход подобного профиля потока на геостац. орбиту по данным ИСЗ GOES с запаздыванием 70 мин.

КД 23.08.2022

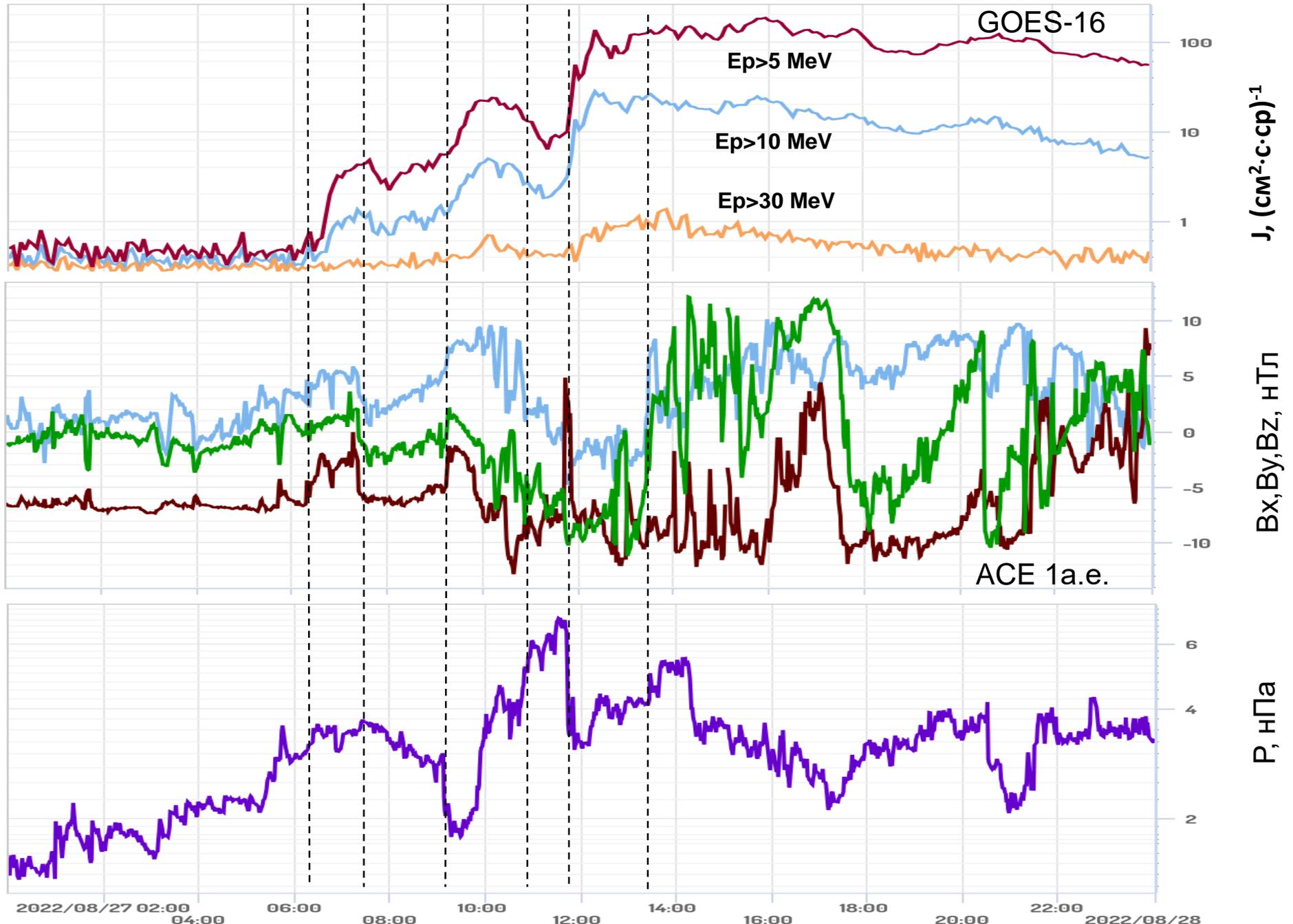
CHIMERA Coronal Holes at 23-Aug-2022 23:24:40.843 UT

# Временные профили 25.08-02.09 2022



Richardson I.G., 2018

# Временные профили потоков протонов, компонент ММП и давления СВ 27.08.2022



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Каталог солнечных протонных событий (СПС) дает возможность проводить сравнительный анализ временных профилей частиц в разных событиях совместно с физическими условиями в межпланетной среде.

На примере солнечных протонных событий 30.03.2022 и 27.08.2022 исследовано влияние **межпланетного коронального выброса массы и области сжатия перед высокоскоростным потоком солнечного ветра из корональной дыры** на распространение солнечных энергичных протонов с энергией **от >5 МэВ до >100 МэВ**. Наблюдаемое подобие пространственного распределения потоков солнечных протонов на околоземной орбите и в точке Лагранжа L1, но с запаздыванием на время, необходимое солнечному ветру на преодоление расстояния в 1,5 млн. км, свидетельствует о **модуляции потоков солнечных частиц** гелиосферными структурами.

Наблюдаемые особенности временных профилей солнечных энергичных протонов не противоречат представлению межпланетной среды как совокупности плазменно-магнитных трубок.

## **ВОПРОСЫ**

1. При каких условиях возможна наблюдаемая модуляция, а именно: соотношение пространственных и временных распределений потоков протонов и гелиосферных структур?
2. При каких параметрах солнечного ветра (скорость и плотность) и межпланетного магнитного поля возможна модуляция протонов с энергией вплоть до 100 МэВ?
3. Какие основные процессы приводят к формированию наблюдаемых особенностей временных профилей потоков частиц?

Группа продолжает работать над составлением Каталога СПС 25-го солнечного цикла. К началу 2025 г. уже зарегистрировано 80 солнечных протонных событий [[http://swx.sinp.msu.ru/apps/sep\\_events\\_cat/index.php?gcm=1&lang=en](http://swx.sinp.msu.ru/apps/sep_events_cat/index.php?gcm=1&lang=en)]

*Благодарю за внимание!*

Власова Н.А., Базилевская Г.А., Гинзбург Е.А., Дайбог Е.И., Калегаев В.В., Капорцева К.Б., Логачев Ю.И., Мягкова И.Н. **Влияние процессов на Солнце и в межпланетной среде на солнечное протонное событие 30.03.2022** // Геомагнетизм и аэрномия, 2024. Т. 64. №6. С.

Власова Н.А., Базилевская Г.А., Гинзбург Е.А., Дайбог Е.И., Калегаев В.В., Капорцева К.Б., Логачев Ю.И., Мягкова И.Н. **Потоки солнечных энергичных протонов в околоземном пространстве 13-23 марта 2023 г.** // Космические исследования. 2024. Т. 62. № 2. С. 177-188 DOI: 10.31857/S0023420624020045

Базилевская Г.А., Власова Н.А., Гинзбург Е.А., Дайбог Е.И., Калегаев В.В., Капорцева К.Б., Логачев Ю.И., Мягкова И.Н. **Некоторые особенности солнечного протонного события 27.08.2022** // Известия РАН., серия физическая, 2025, в печати

Власова Н.А., Базилевская Г.А., Гинзбург Е.А., Дайбог Е.И., Дмитриев А.В., Калегаев В.В., Капорцева К.Б., Логачев Ю.И., Мягкова И.Н., Суворова А.В. **Влияние области взаимодействия потоков солнечного ветра на протонное событие 27.08.2022** // Геомагнетизм и аэрномия, 2026