

ФОРБУШ-ЭФФЕКТ 1-10 ИЮНЯ 2025 ГОДА: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПО ДАННЫМ НЕЙТРОННОГО МОНИТОРА И КОСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

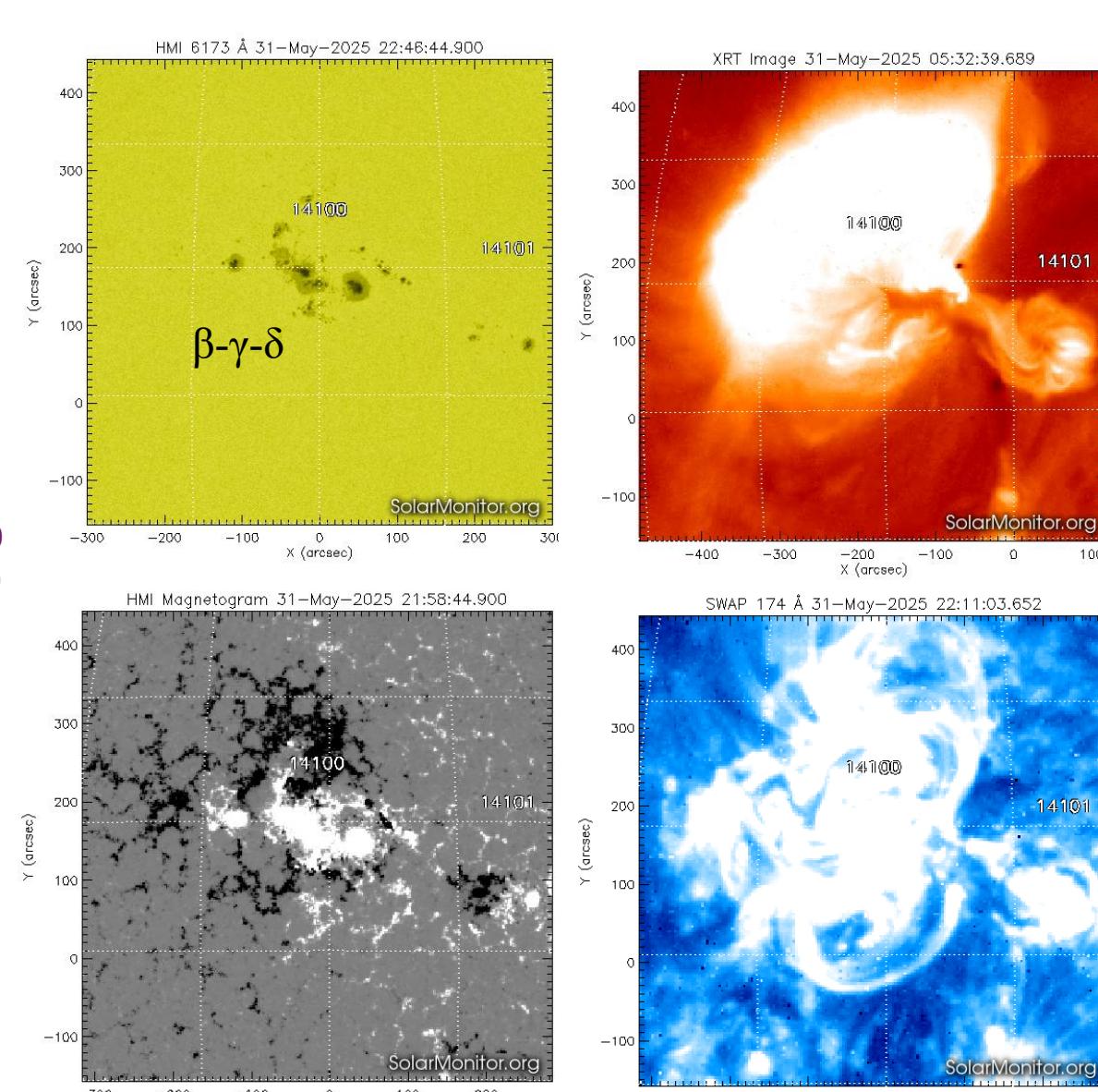
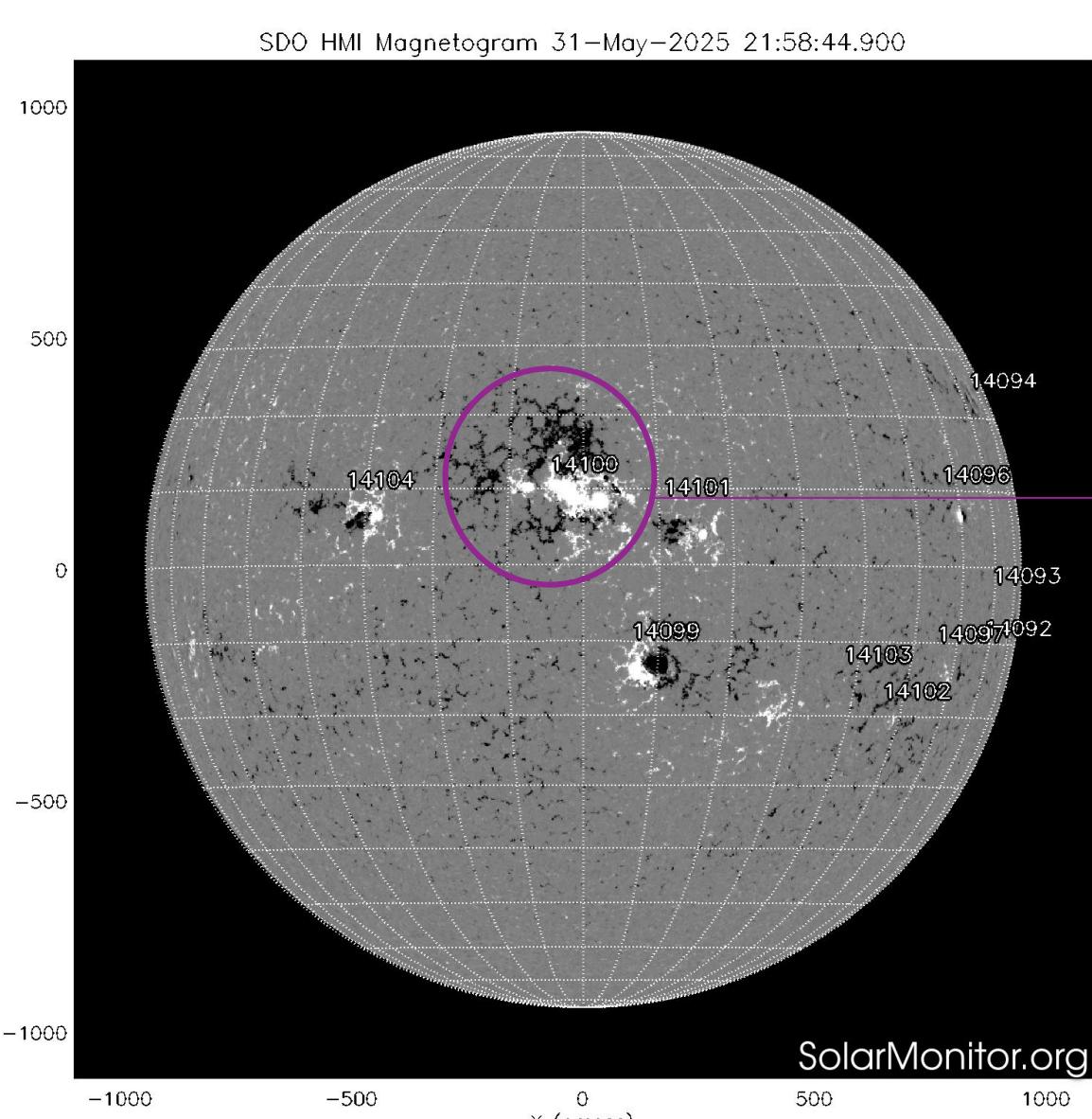
Сейфуллина Б.Б.^{1,2}, Крякунова О.Н.¹, Цепакина И.Л.¹, Николаевский Н.Ф.¹, Койчубаев Р.Е.^{1,3}

¹Институт ионосферы, г. Алматы, Казахстан,

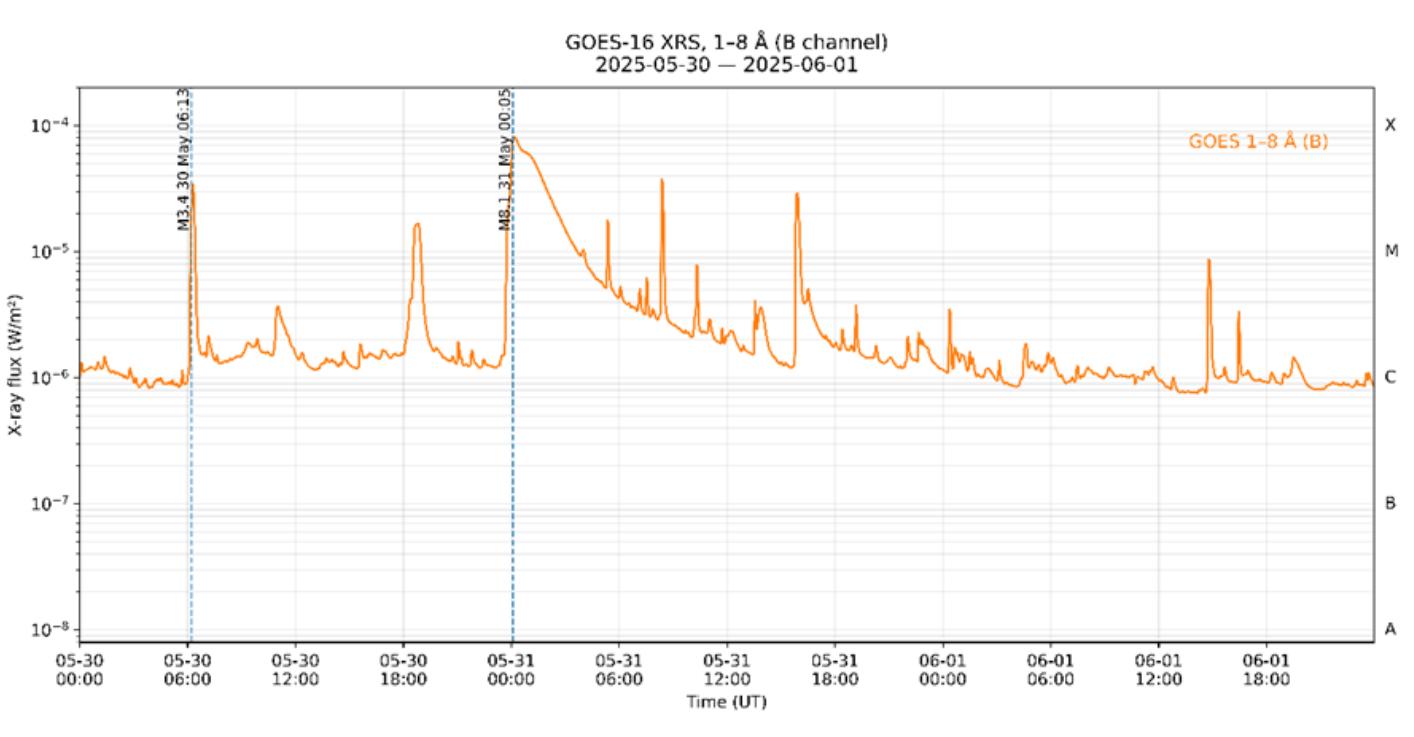
²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

В данной работе проведен анализ события, зарегистрированного в период 1-10 июня 2025 г. нейтронным монитором ААТВ (Алматы, Казахстан; 3340 м над уровнем моря; жесткость геомагнитного обрезания $R = 5.9$ ГВ). Амплитуда снижения интенсивности космических лучей, зарегистрированная нейтронным монитором, составила около 12%, что позволяет классифицировать данное событие как большой Форбуш-эффект. Активная область AR 14100 стала источником возмущений, породив серию вспышек классов M3.4 и M8.1 (30-31 мая 2025 г.), сопровождавшихся быстрыми корональными выбросами массы (КВМ) типа гало со скоростями до 1700 км/с. Сопоставление данных нейтронного монитора с межпланетными параметрами показало классическую структуру межпланетного КВМ, включающую межпланетную ударную волну 1 июня, 05:45 UT, область возмущенной сжатой плазмы и область коронального выброса до 2 июня, 01:10 UT. Событие сопровождалось развитием интенсивной геомагнитной бури, максимальная фаза которой наблюдалась 2 июня. Результаты демонстрируют тесную взаимосвязь между солнечной активностью, динамикой межпланетного КВМ и модуляцией потоков галактических космических лучей ГКЛ, подчеркивая значимость комплексного подхода к диагностике и прогнозированию космической погоды.

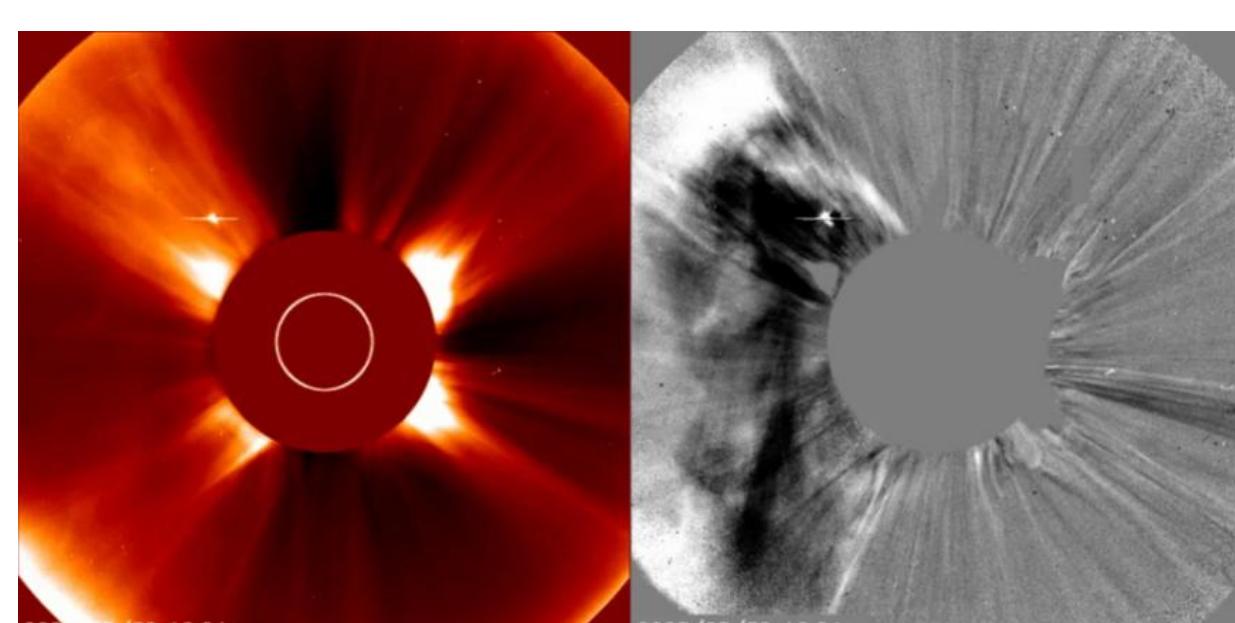


Эволюция крупной активной области с сильными магнитными полями сопровождалась серией вспышек класса М, произошедших за короткий промежуток времени. В период с 30 по 31 мая 2025 г. в активной области AR 14100 было зарегистрировано несколько вспышек класса М, две из которых сопровождались значительными КВМ.

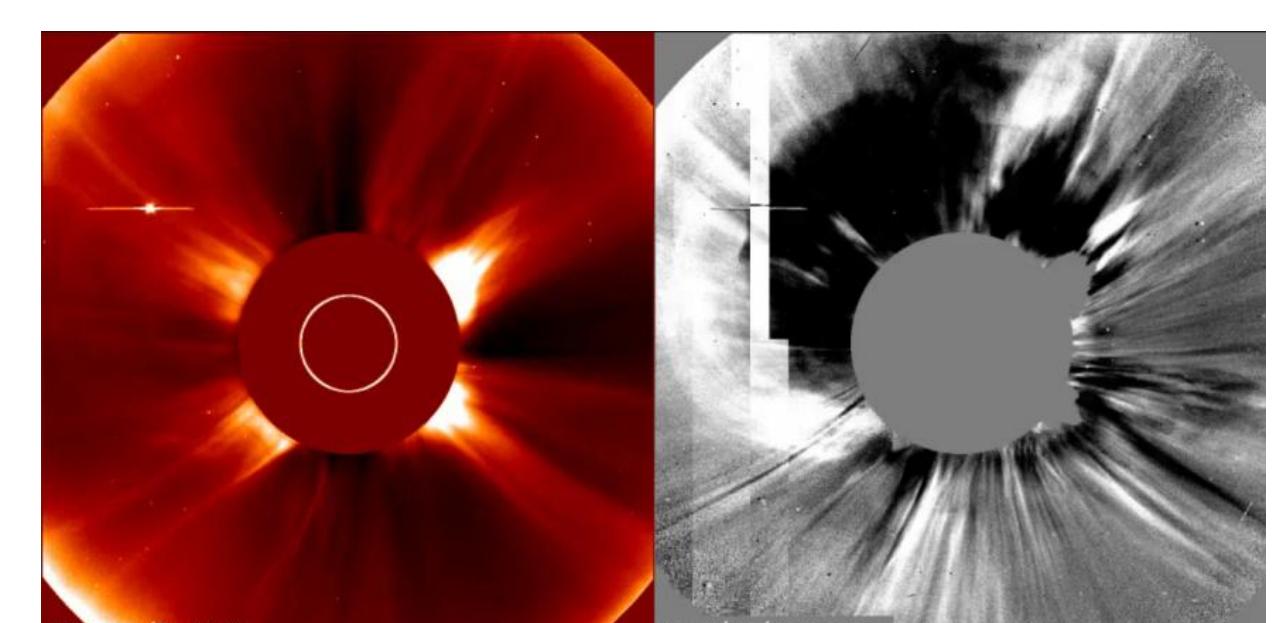


В период с 30 мая по 1 июня 2025 г. была зафиксирована серия солнечных вспышек, среди которых наиболее значимыми являются кратковременная вспышка класса M3.4 (30 мая, 06:13 UT) и наиболее мощная и продолжительная вспышка класса M8.1 (31 мая, 00:05 UT).

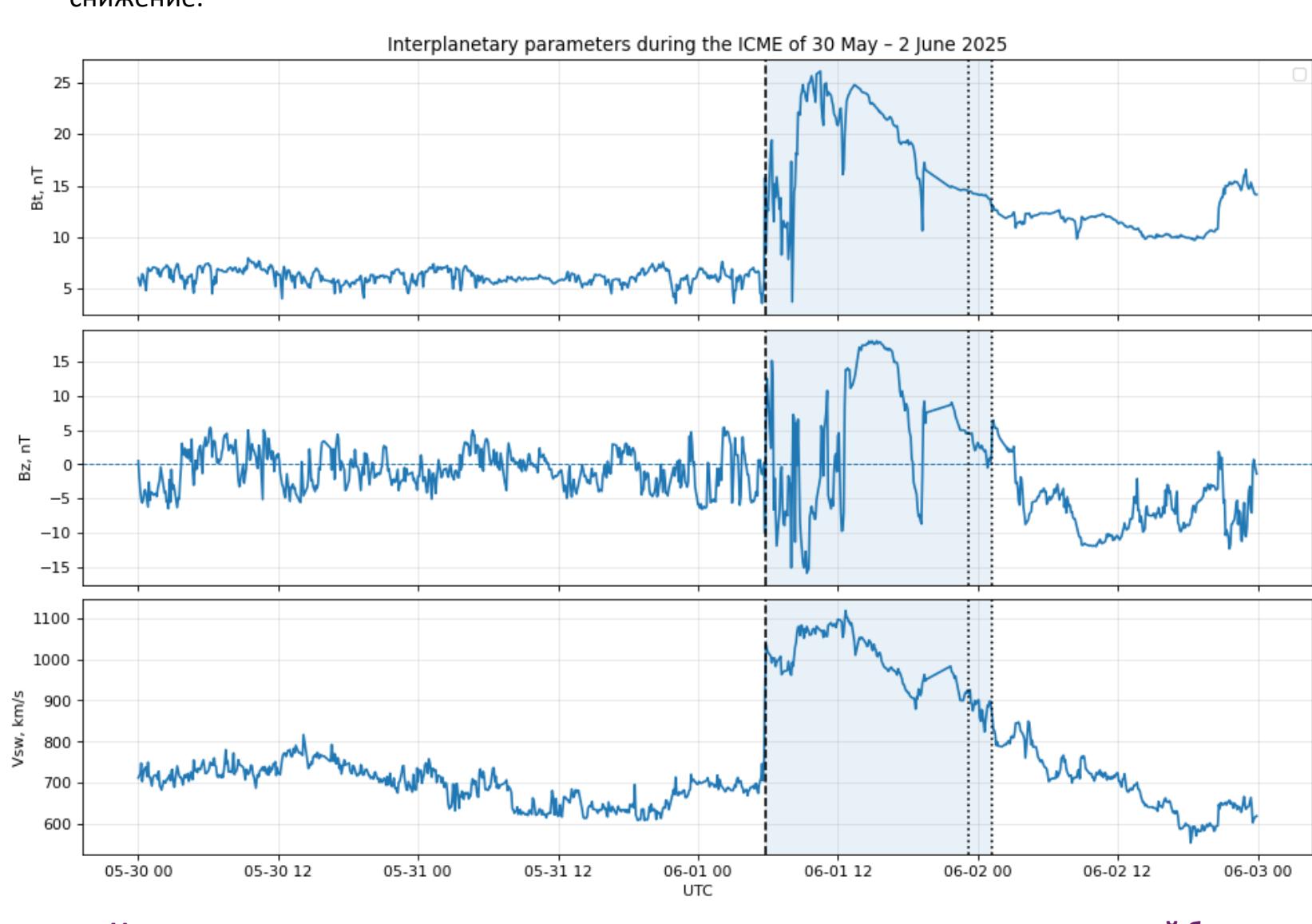
Первое событие – это вспышка класса M3.4, произошедшая 30 мая 2025 г. в 06:13 UT, которая сопровождалась КВМ со скоростью около 700 км/с, зафиксированным коронографом SOHO/LASCO C2 в 07:12 UT.



Второе событие – более мощная вспышка класса M8.1, произошедшая 31 мая 2025 г. в 00:05 UT, сопровождалась быстрым КВМ, зарегистрированным SOHO/LASCO C2 в 01:36 UT со скоростью около 1700 км/с.



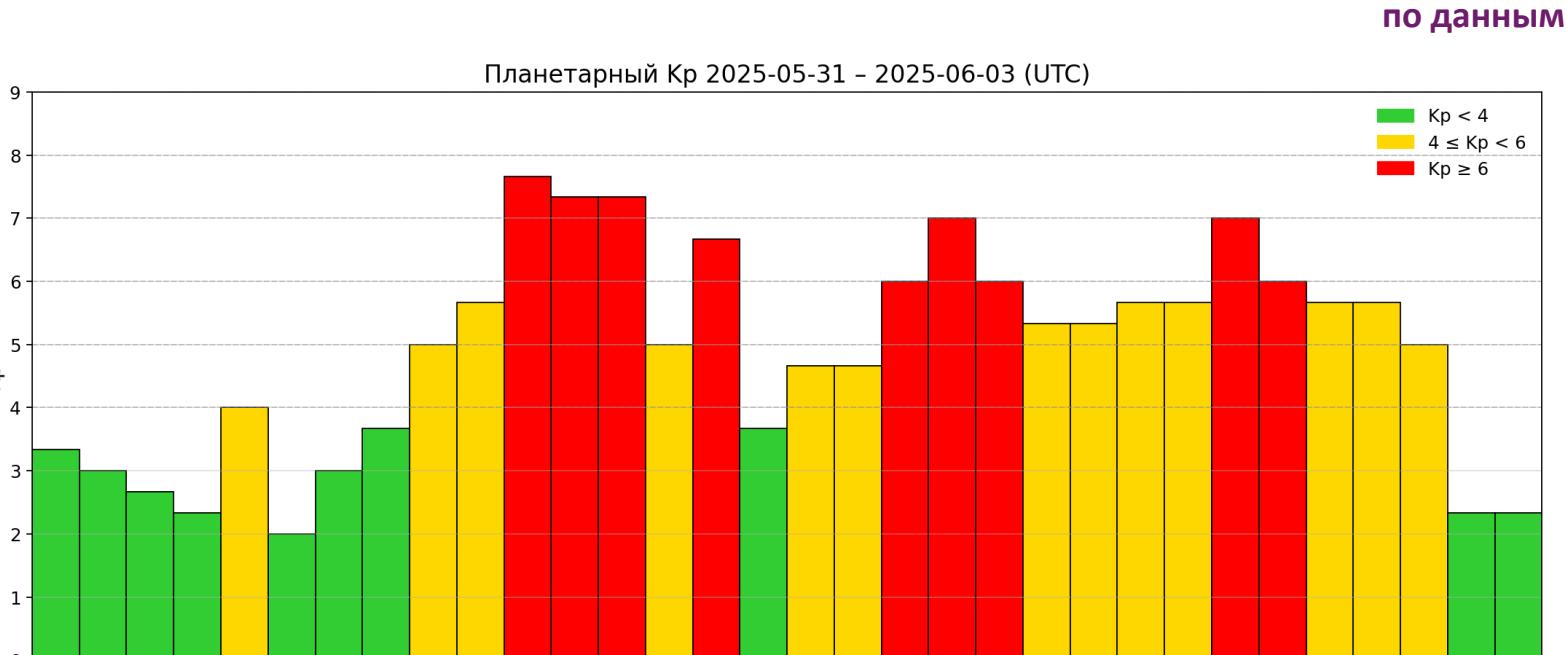
Область sheath характеризуется высоким уровнем турбулентности и усиленным магнитным полем, а ejesta проявляет более стабильную структуру – пониженную вариацию и постепенное снижение.



После удара формируется область sheath, характеризующаяся сильной турбулентностью магнитного поля и повышенным уровнем B_t . Переход к ejesta определяется по резкому снижению турбулентности при сохранении высокой величины B_t , что образует характерный «спокойный» участок магнитного поля. Начало ejesta зафиксировано на 2025-06-01 в 23:10 UT. Окончание ejesta. Завершение ejesta отмечается при возвращении B_t к фоновым уровням, наблюдавшимся до события. Для этого случая конец ejesta определен на 2025-06-02 в 01:10 UT.

Максимальные, минимальные и средние значения параметров ММП и солнечного ветра

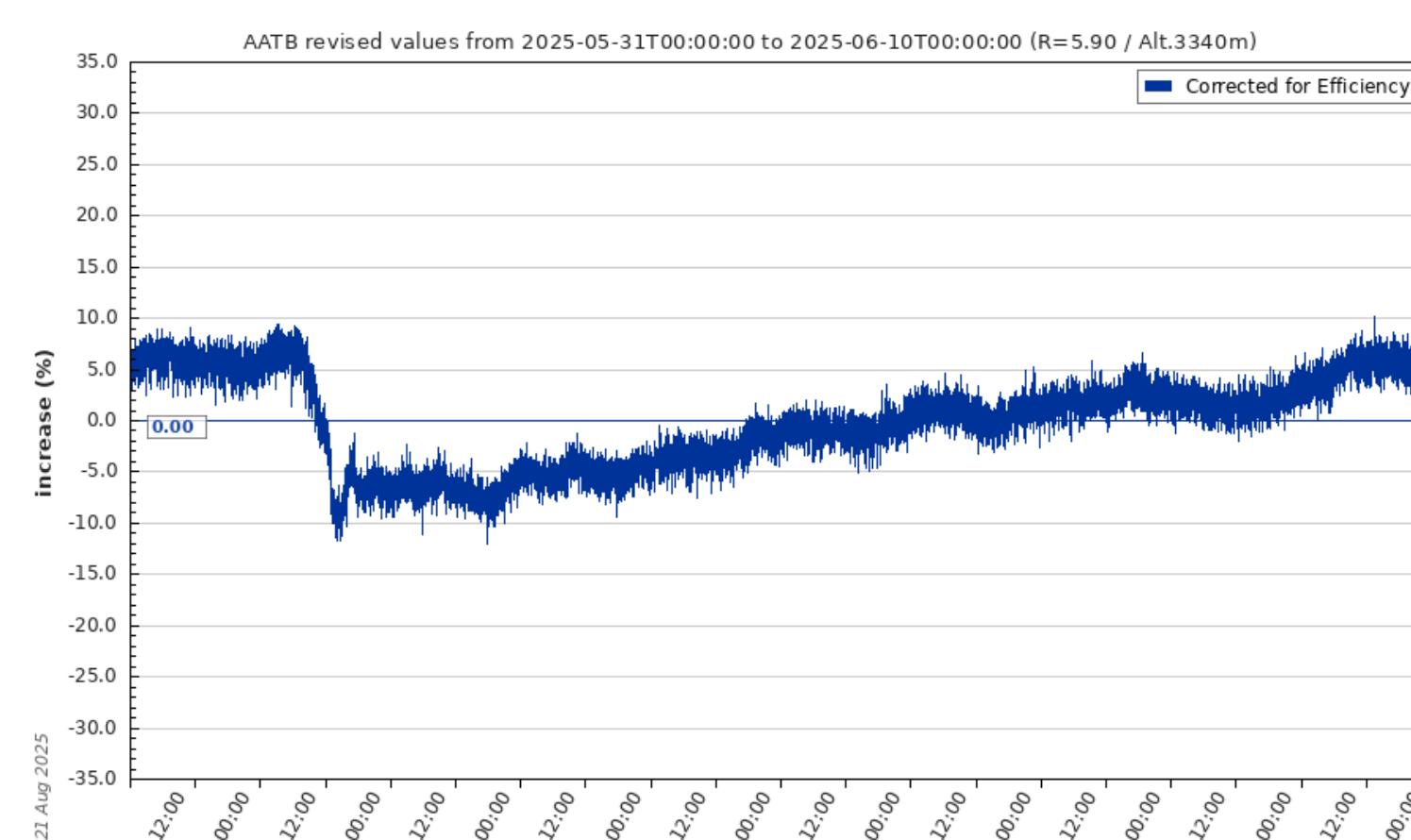
Полный вектор напряженности межпланетного магнитного поля	$B_{t\max} = 26.11$ нТл	$B_{t\min} = 3.58$ нТл	$B_{t\text{mean}} = 9.82$ нТл
Z-компоненты межпланетного магнитного поля	$B_{z\max} = 18.02$ нТл	$B_{z\min} = -15.93$ нТл	$B_{z\text{mean}} = -1.27$ нТл
Скорость солнечного ветра	$V_{sw\max} = 1117.35$ км/с	$V_{sw\min} = 554.90$ км/с	$V_{sw\text{mean}} = 746.38$ км/с



Событие 1-10 июня 2025 г. иллюстрирует классическую последовательность:

солнечная вспышка + КВМ → межпланетный КВМ → ударная волна и ejesta → Форбуш-эффект в интенсивности ГКЛ

Большая амплитуда понижения ~12% и длительная фаза восстановления подтверждают значительную энергетику источника и важную роль КВМ в формировании больших ФЭ.



- В начале интервала интенсивность на фоновом уровне около +5%.
- 1 июня 2025 года зафиксирован ФЭ с режимом понижением ~12% относительно фона.

Зарегистрированное событие демонстрирует типичный ФЭ с довольно быстрой фазой понижения и последующим медленным восстановлением интенсивности ГКЛ из-за воздействия межпланетных возмущений на поток частиц космических лучей.

Определение границ межпланетного КВМ играет ключевую роль в интерпретации ФЭ. Оно позволяет установить, какое именно возмущение вызвало событие, зафиксировать момент его начала, продолжительность и условия модуляции космических лучей.

Зарегистрированный ФЭ является экстремальным событием космической погоды.

www.nmdb.eu