

Можно ли доверять WEB-ресурсу OMNI?

Сафаргалеев В.В.

СПбФ ИЗМИРАН, Санкт-Петербург

Физические основы прогнозирования гелиогеофизических процессов и событий
(ПРОГНОЗ-2026)

28 мая 2026 г

Исследования космической погоды,
а также нестационарных солнечно-
земных связей, это путь к решению

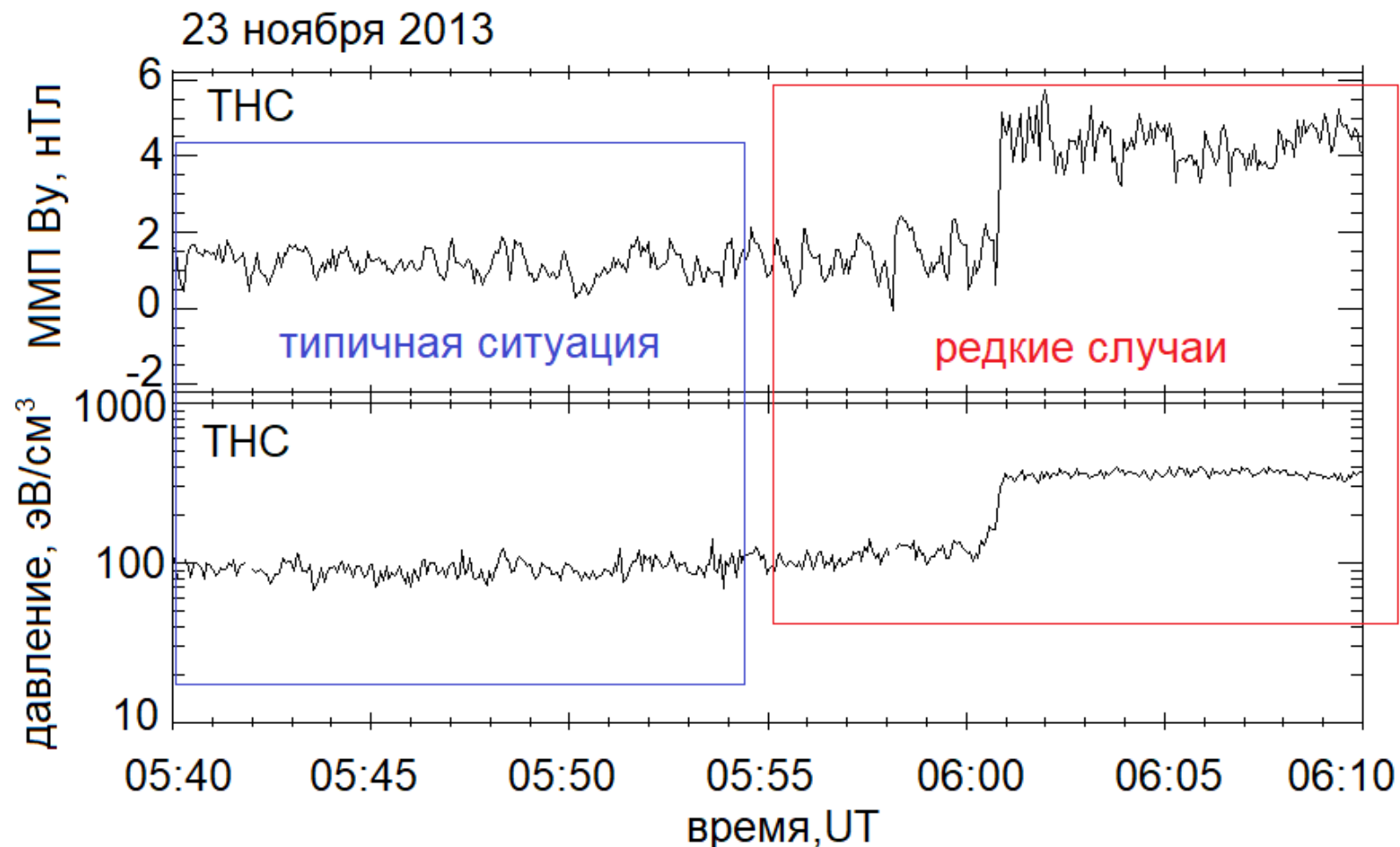
важной практической задачи -
парирование негативного влияния
космической погоды на
космические и наземные объекты



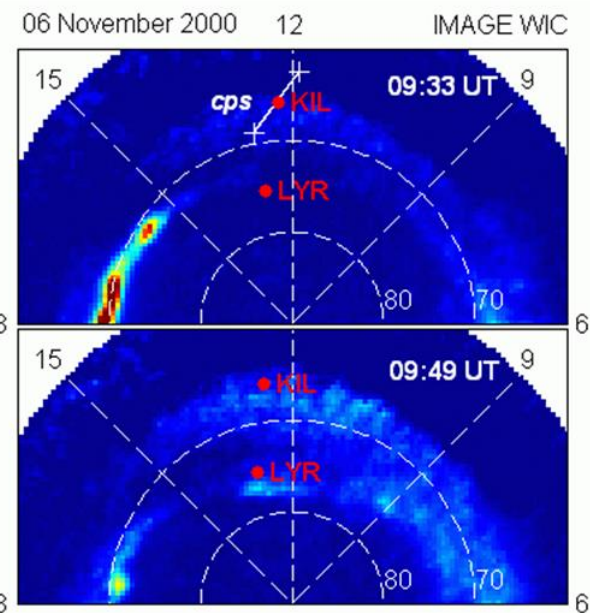
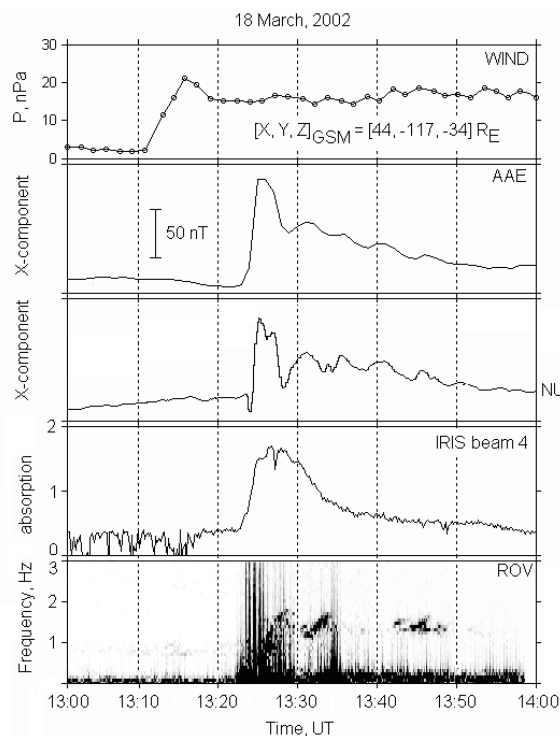
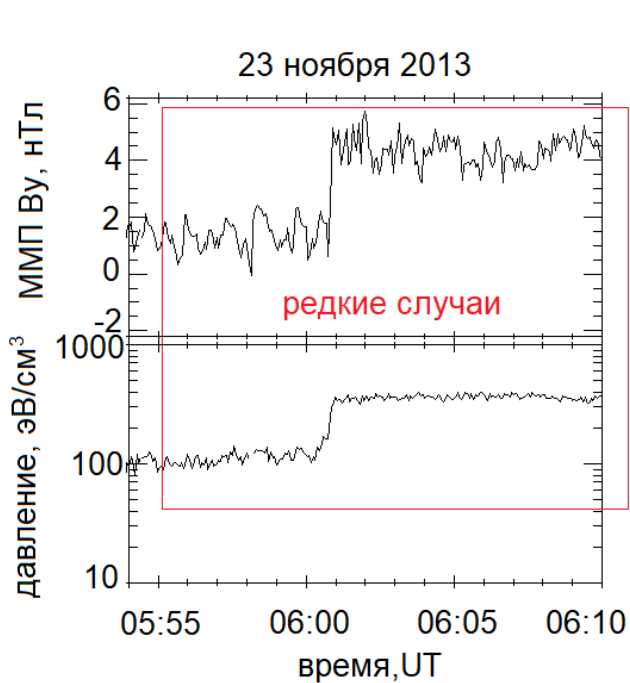
Основные принципы гидромагнитной диагностики приземной плазмы хорошо сформулированы в монографии Лихтер и др. (1988).

При выборе методов исследований следует прежде всего руководствоваться их простотой.

*Лихтер Я.И., Гульельми А.В, Ерухимов Л.М., Михайлова А.Г.
Волновая диагностика приземной плазмы М.: Наука. -1988. -215 с.*



Типичная ситуация в солнечном ветре выглядит просто, но для исследования простой не является. Чтобы ассоциировать возмущения на Земле и около Земли с возмущениями в межпланетной среде исследователю не за что «зацепиться». Редкие случаи упрощают ассоциацию – наземный отклик должен быть таким же отчетливым и быстрым, как в межпланетной среде.



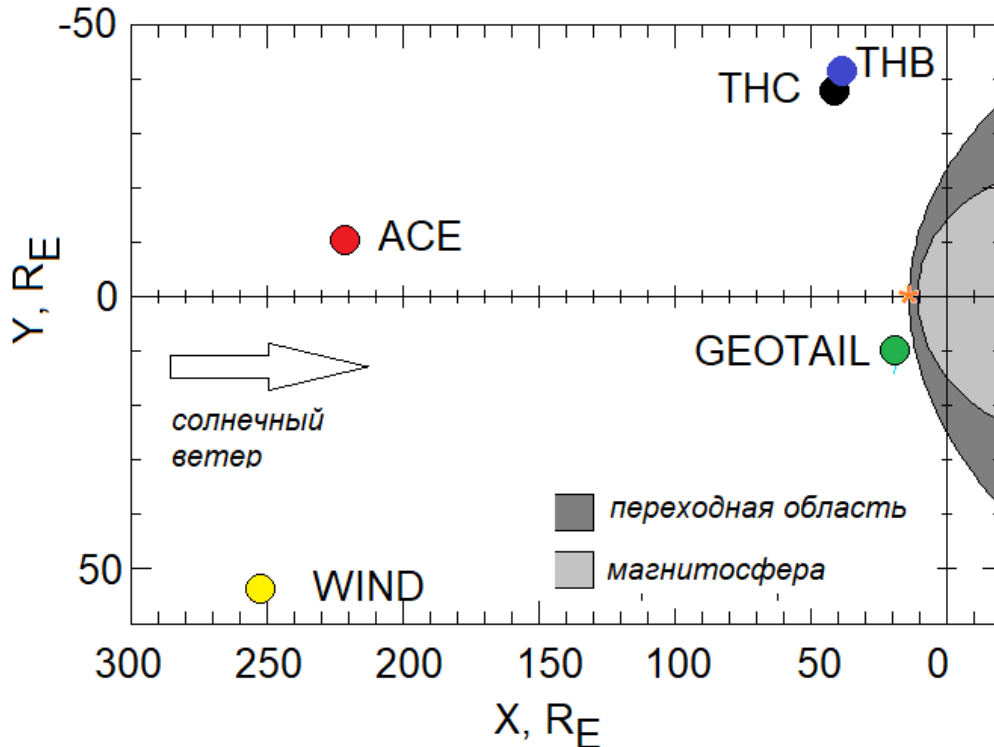
Safargaleev et al. Ann.Geo, 2010

Резкое изменение давления солнечного ветра (события SI) приводит к отчетливому усилению X-компоненты магнитного поля на экваториальных станциях. В высоких широтах SI инициирует всплеск геомагнитной активности в диапазоне пульсаций Pc5 и Pc1, усиление риометрического поглощения и изменение динамики сияний.

События SI случаются еще реже, чем резкие изменения компонент ММП.

17 марта 2015

SSC Locator Graphycs

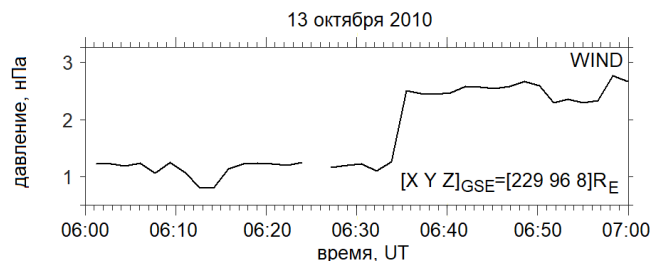


Начало воздействия неоднородности на магнитосферу определяется моментом подхода фронта возмущения к магнитопаузе. Отсутствие регулярных спутниковых наблюдений в этих областях делает редкие ситуации еще более редкими, и анализ сводится к обобщению *case studies*

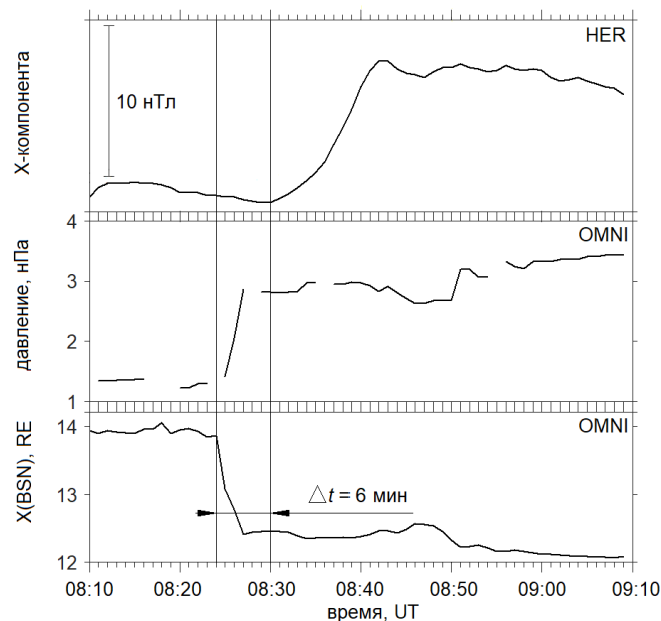
На решение проблемы «от case study к надежной статистике», возможно, и была ориентирована программа OMNI Web. Программа осуществляет пересчет измерений отдаленных спутников WIND и ACE (мониторинговый режим) на лобовую точку фронта ударной волны (оранжевая звездочка на рисунке). Вариант OMNI, работающий в режиме онлайн, был реализован на сайте проекта CDA Web (CDA = *coordinated data analysis*).

Исследуя реакцию магнитосферы на SI, автор неоднократно сталкивался с аномальными ситуациями, когда фронт неоднородности по расчетам OMNIWeb подходит к лобовой точке ударной волны на несколько минут позже, чем на поверхности Земли регистрируется классический отклик на SI в виде быстрого увеличения X-компоненты магнитного поля на экваториальной станции.

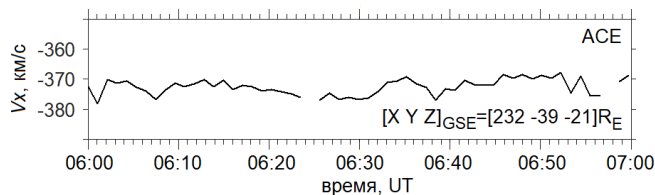
Формально такая аномальная ситуация выглядит как нарушение причинно-следственных связей.



а



б



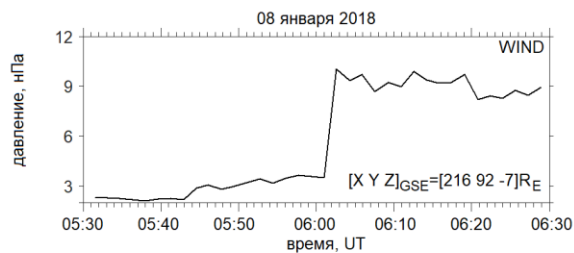
в

Пример SI с нормальной последовательностью событий. Причина наступает раньше, чем следствие.

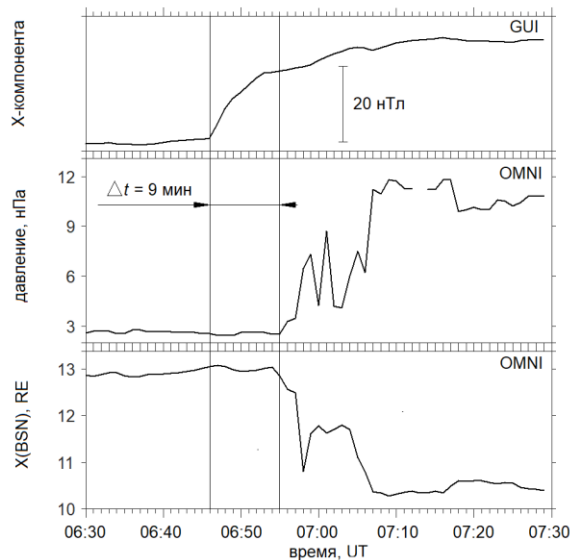
Сначала неоднородность солнечного ветра, на фронте которой давление меняется скачком, подходит к лобовой точке на фронте ударной волны.

Спустя $\Delta t = 6$ минут на поверхности Земли (в данном примере – на экваториальной станции Hermanus, HER) регистрируется отклик на удар фронта по магнитопаузе в виде ступенеобразного увеличения X-компоненты геомагнитного поля.

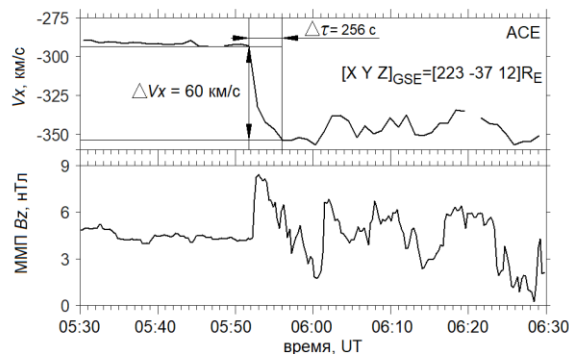
Вопроса к расчетам OMNI нет.



а



б



в

Пример SI с аномальной последовательностью событий.

СНАЧАЛА на поверхности Земли (экваториальная станция Guimar, GUI) регистрируется ОТКЛИК на удар фронта неоднородности по магнитопаузе в виде ступенеобразного увеличения X-компоненты геомагнитного поля.

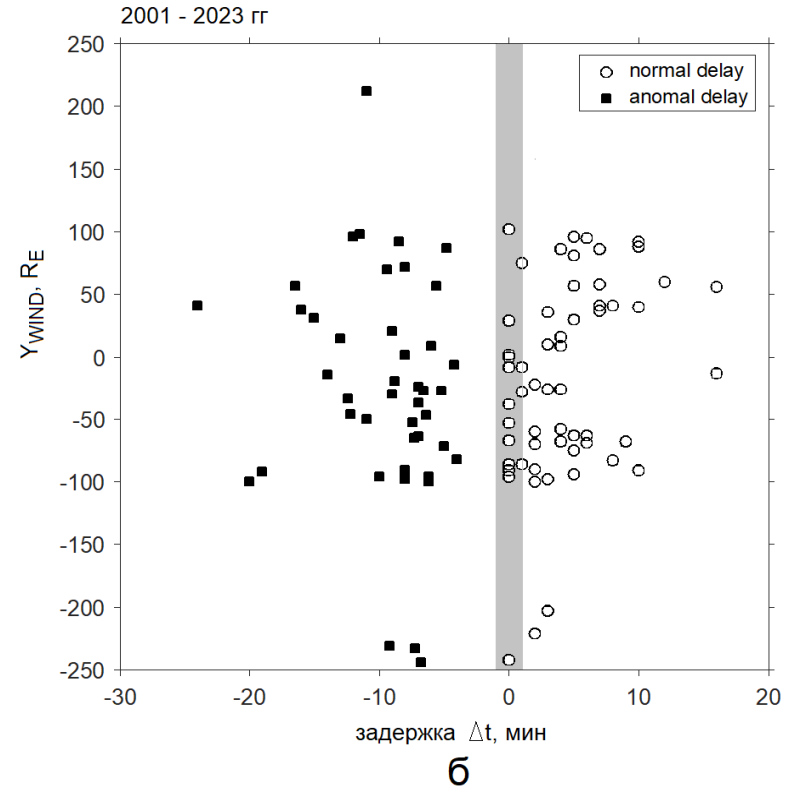
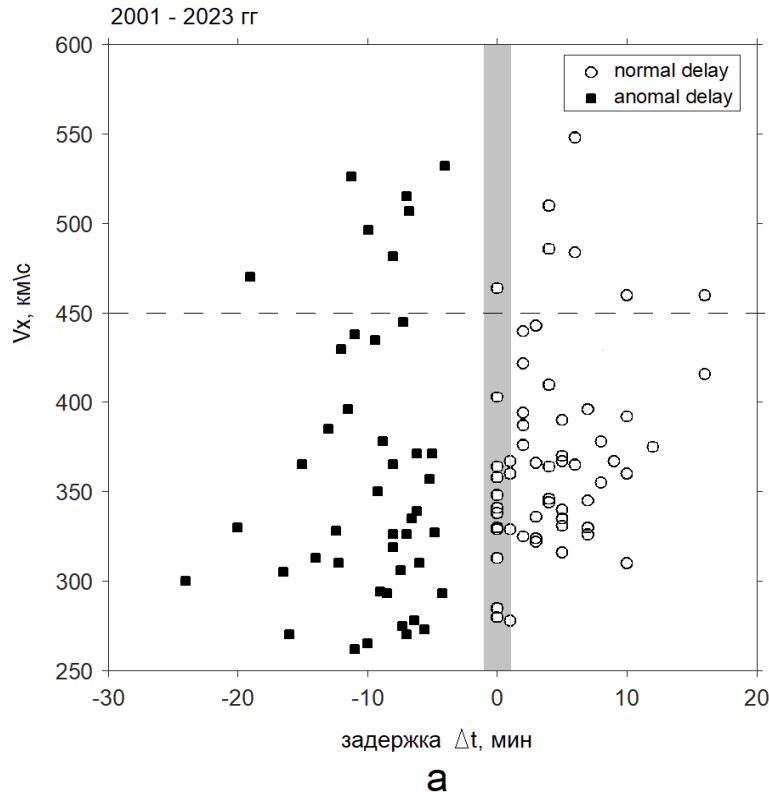
И только ПОТОМ, спустя $\Delta t = 9$, OMNI показывает ПРИЧИНУ - подход фронта неоднородности к лобовой точке на фронте ударной волны, вызывая ее смещение по направлению к Земле.

Следствие наступает раньше причины. Нарушение причинно-следственной связи? Такого быть не может. OMNIWeb неправильно рассчитывает время распространения возмущения от спутника до магнитосферы.

За период 2001 – 2023 гг было выявлено 104 случая внезапных импульсов, имеющих отчетливое начало как на магнитограммах наземных станций, так и на лобовой точке ударной волны. Из них аномальные события составили 42%.

Возможные причины неверного расчета времени распространения:

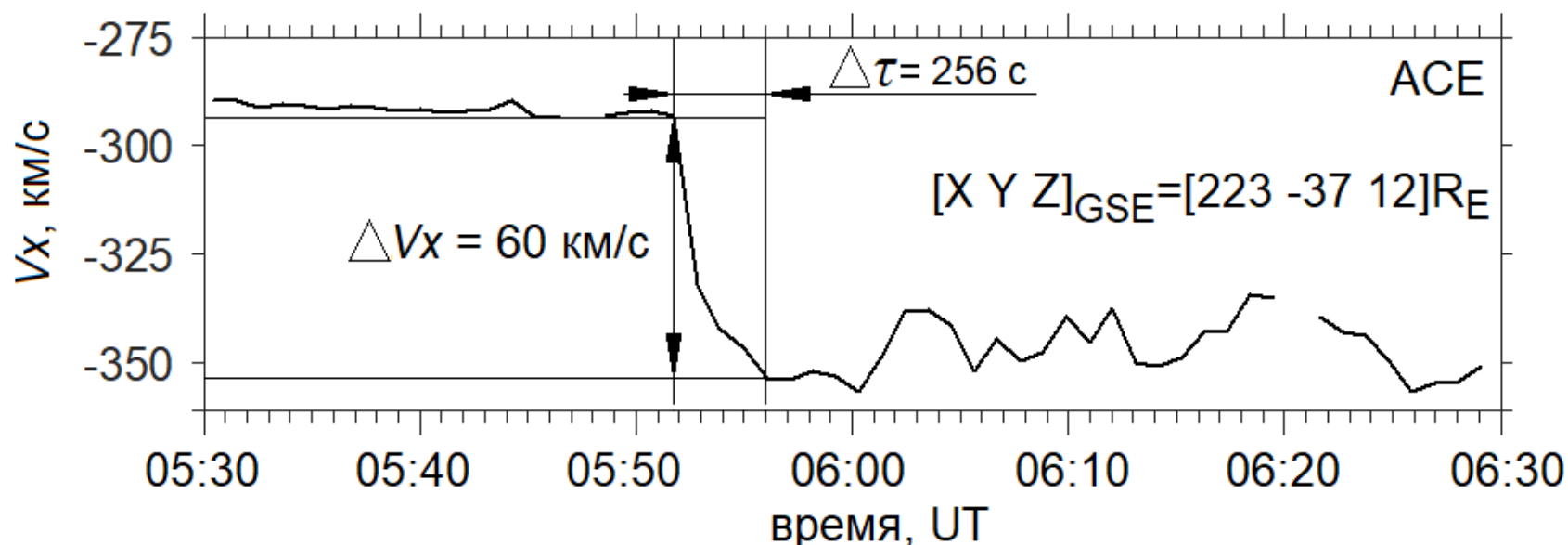
- скорость солнечного ветра $V_x > 450$ км/с (Papitashvili and King, 2005);
- спутник находится далеко от линии Солнце-Земля (Ridley, 2000);
- разные временные масштабы изменения V_x (описание OMNI на CDAWeb)

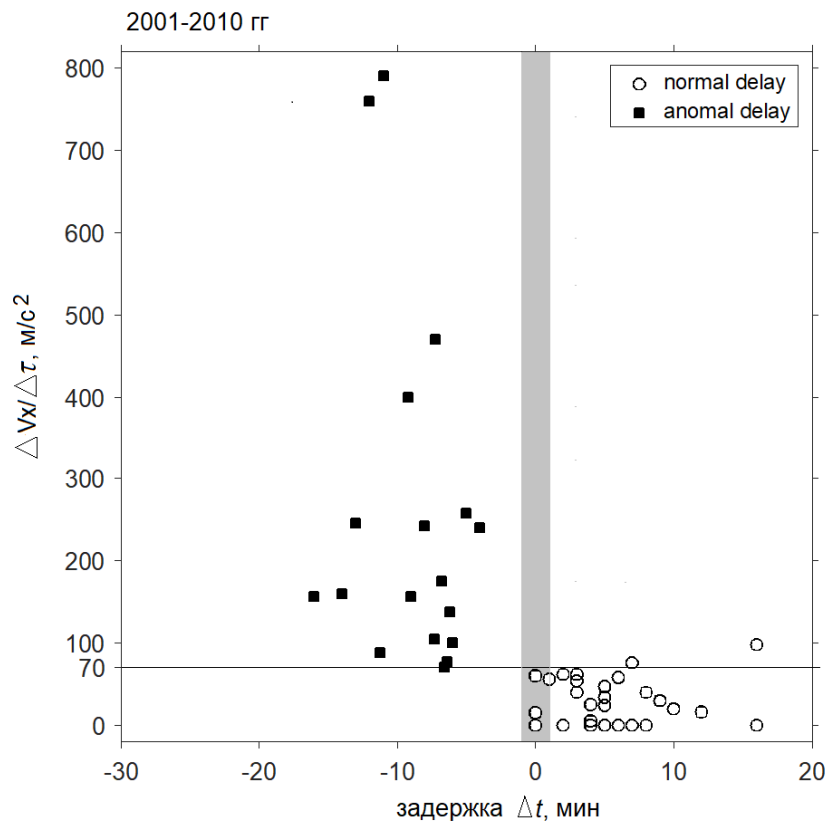


Анализ 104 случаев показал, что нет таких значений параметров V_x и Y_{WIND} , которые разделяли бы облака точек на аномальные и нормальные события

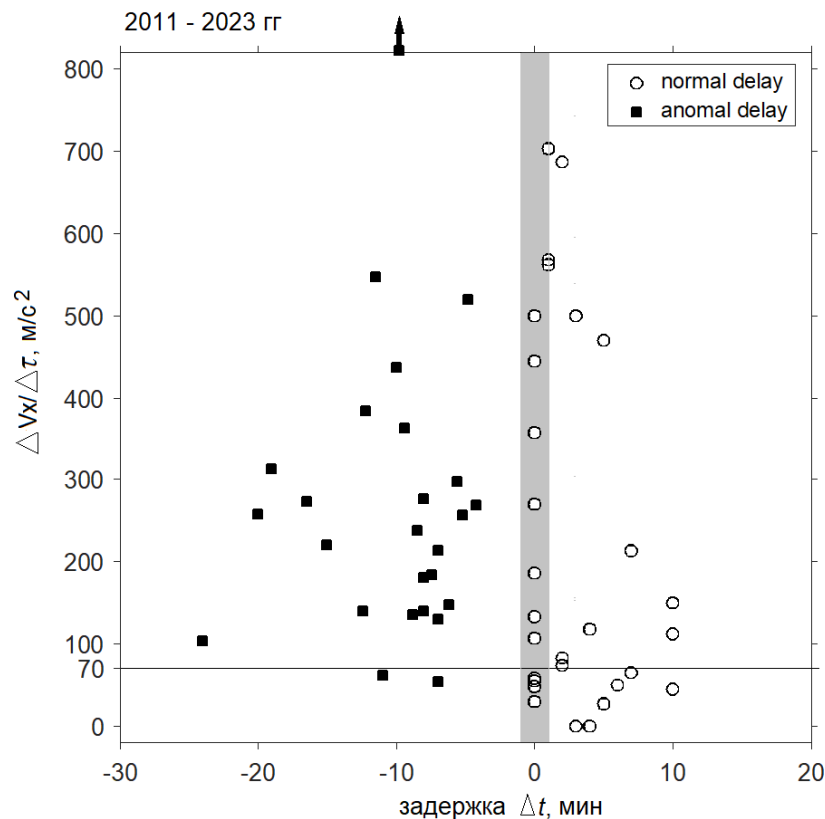
Анализ 104 случаев SI показал, что возможная причина неверного расчета времени распространения возмущения от спутника до фронта ударной волны - разные временные масштабы изменения V_x солнечного ветра в окрестности фронта неоднородности (параметр $\Delta V_x / \Delta t$).

08 января 2018



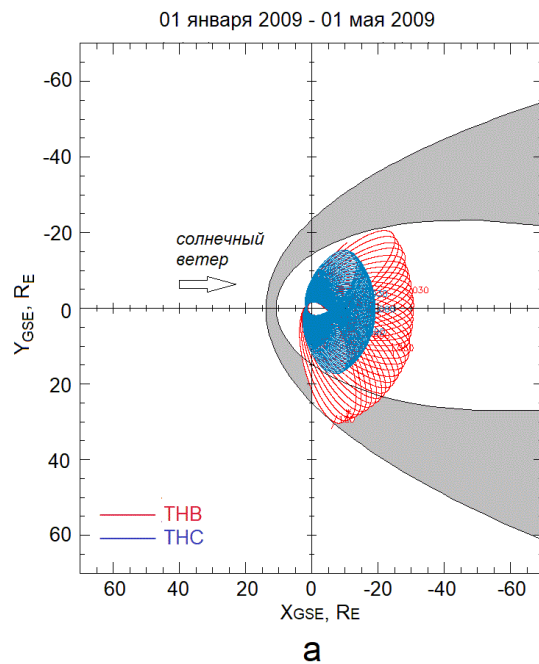


а

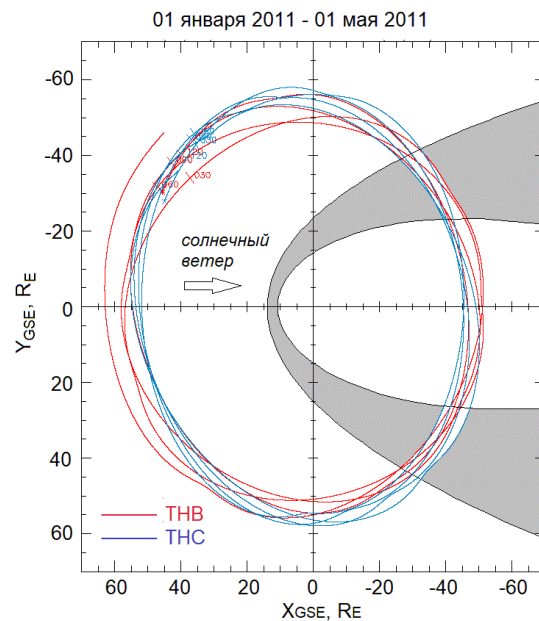


б

До 2011 года значение параметра $\Delta V_x / \Delta \tau \sim 70 \text{ км/с}^2$ разделяет облако точек на аномальные и нормальные события (рис.а). После 2010 г величина $\Delta V_x / \Delta \tau > 70 \text{ км/с}^2$ не является необходимым условием возникновения иллюзии нарушения причинно-следственных связей (рис.б).



а



б

Возможная причина «смягчения» условий появления аномального запаздывания – переформатирование миссии THEMIS. Спутники THB и THC стали чаще вылетать в солнечный ветер и дольше в нем находится. Вероятно данные этих спутников были «подключены» к оценке времени распространения сигнала от точки регистрации до ударной волны.

Вопрос о скачке давления простой, поскольку начало сжатия магнитосферы можно определить по наземным данным, не прибегая к результатам OMNI. Именно по этой причине скачки давления были выбраны для выявления аномальных запаздываний и тех параметров солнечного ветра, когда аномальное запаздывание имело место.

Вопрос об определении времени подхода неоднородности солнечного ветра, на фронте которой быстро меняются компоненты ММП, более сложный. В отличие от скачка давления, реакция магнитосферы на быстрые вариации ММП сама по себе является предметом исследования, и данный вопрос все еще открыт для дискуссий.

В ряде случаев, ММП и давление меняются на фронте неоднородности одновременно, В таких ситуациях момент подхода возмущения ММП к дневной магнитопаузе можно определить не по OMNI, страхуя себя от возможной ошибки, а по наземного отклику на SI.

В ряде случаев, ММП и давление меняются на фронте неоднородности одновременно, В таких ситуациях момент подхода возмущения ММП к дневной магнитопаузе можно определить не по OMNI, страхуя себя от возможной ошибки, а по наземного отклику на SI.

Если речь идет о временах, когда спутники THEMIS начали выходить в солнечный ветер чаще и находиться там дольше, так же не требует привлечения расчетов OMNI. Момент прихода можно пересчитать по данным «близких» спутников THV и THC.

Для тех ситуаций, когда расчеты OMNI являются единственным источником информации, исследователям предлагается руководствоваться результатом данной работы относительно роли «скорости изменения скорости» солнечного ветра.

Заключение

- ✓ При исследованиях реакции магнитосферы на события SI в ряде случаев обнаружено несоответствие начала наземного отклика с временем подхода фронта неоднородности солнечного ветра к фронту ударной волны. Развитие ситуации выглядит как нарушение причинно-следственных связей.
- ✓ За период 2001 – 2023 гг было выявлено 104 случая SI с отчетливым началом. Из них «нарушение причинно-следственных связей» продемонстрировали 42%. Средняя величина аномального времени запаздывания ~ 10 минут.

Заключение

- ✓ Аномальное запаздывание происходит при значениях параметра $\Delta V_x/\Delta t$, характеризующего скорость изменения скорости солнечного ветра на фронте неоднородности, более чем 70 км/с^2 . При меньших значениях в интервале 2001-2010 гг, последовательность событий была «нормальной»
- ✓ С 2011 г, нормальные события регистрировались и при больших значениях $\Delta V_x/\Delta t$, что может быть связано с перепрофилированием миссии THEMIS.
- ✓ Отмечается, что OMNI может давать неверную информацию также при исследованиях отклика магнитосферы на быстрые изменения ММП.