

Нелинейные механизмы взаимодействия солнечного ветра с магнитопаузой

S. Savin

*(1) Space Research Institute RAS
, RF, ssavin@iki.rssi.ru*

Предложены модели магнитопаузы и ударной волны в виде мембраны закрепленной по краям и в центре, соответственно, и получены собственные резонансные частоты от 0.02 (впервые) до 30 мГц

Рассмотрены нелинейные взаимодействия этих резонансов между собой и с внутримагнитосферными резонансами силовых линий

Публикации

1. Савин С. П. , Ляхов В. В. , Нецадим В.М. , Зеленый Л. М. , Немечек З., Шафранкова Я., Климов С. И. , Скальский С. А. , Рязанцева М. О. , Рахманова Л. С. , Ванг Ч., Ли Х., Бленцки Я., Рош Ж-Л., Козак Л., Суворова А. Лежен Л. А. , ЖЭТФ, 2021, том 159, вып. 2, стр. 1–11.

2. S. Savin e. a, Pisma v ZhETF, vol. 110, iss. 5, pp. 323 – 324 (2019), JETP Letters, 101, DOI: 10.1134/S0021364019170028 (2019)

3. СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ГОЛОВНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С МАГНИТОСФЕРНЫМИ РЕЗОНАНСАМИ.

Савин С. П. ^{a*}, Ляхов В. В. ^b, Нецадим В.М. ^b, Зеленый Л. М. ^a, Немечек З. ^c, Safrankova J. ^c, Wang C. ^d, Климов С. И. ^a, Скальский С. А. ^a, Рязанцева М. О. ^a, Рахманова Л. С. ^a, Bleski J. ^e, Козак Л. ^f, Лежен Л. А. ^A

Принято в ЖЭТФ

МОЩНОСТЬ

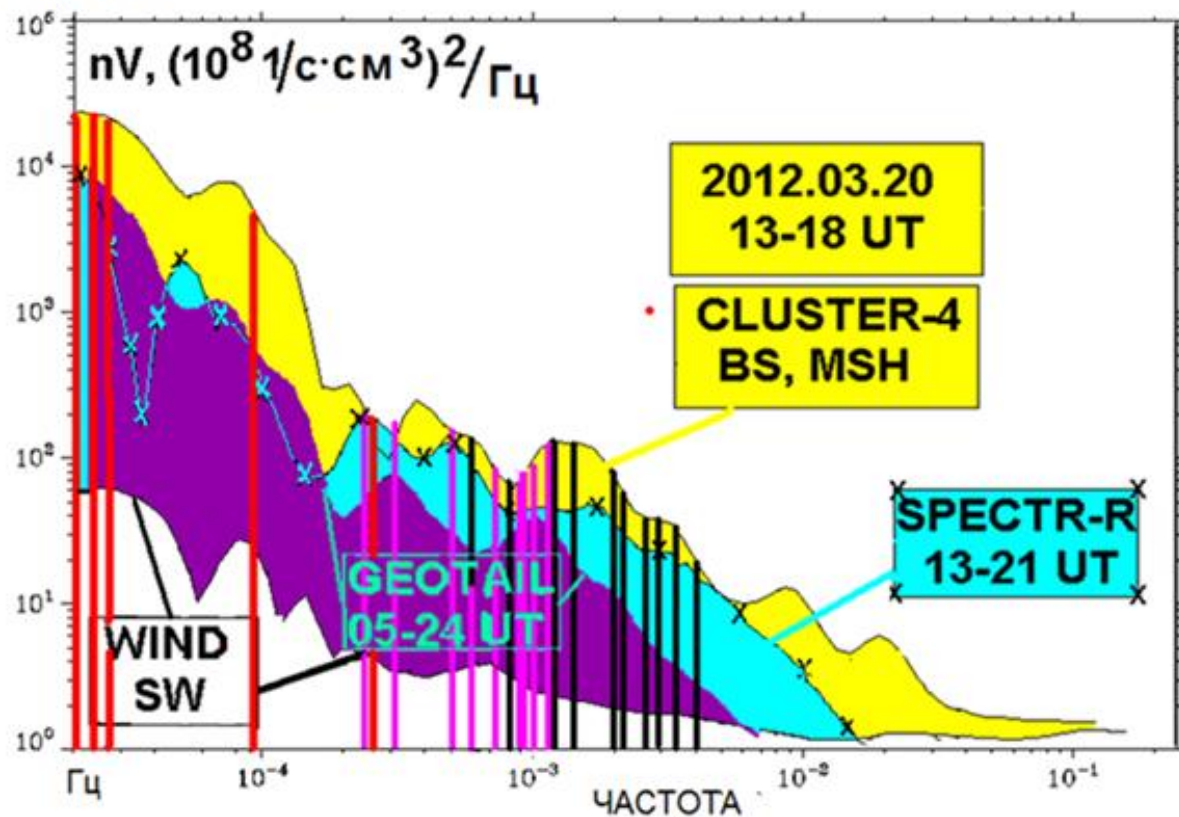


Рис. 1. Спектры потока плазмы nV 20.03.2012 с GEOTAL, CLUSTER-4, SPECTR-R, WIND [6]. Красные линии — гармоники из Таб. 1, фиолетовые — МП с $R=25R_z$, черные — МП с $R=10R_z$.

низкочастотные максимумы. Несколько более высокочастотные максимумы могут

Би-когерентность

Это тройная когерентность сигналов, **частоты** которых на последующих слайдах удовлетворяют:

$$\underline{F1 \text{ (по горизонтали)} + F2 \text{ (по вертикали)}} = \underline{F3 \text{ (подразумевается)}}$$

Она характеризует сильнейший нелинейный 3х- волновой процесс

Горизонтально/ вертикально протяженные максимумы означают множественное взаимодействие суммарного сигнала на частоте

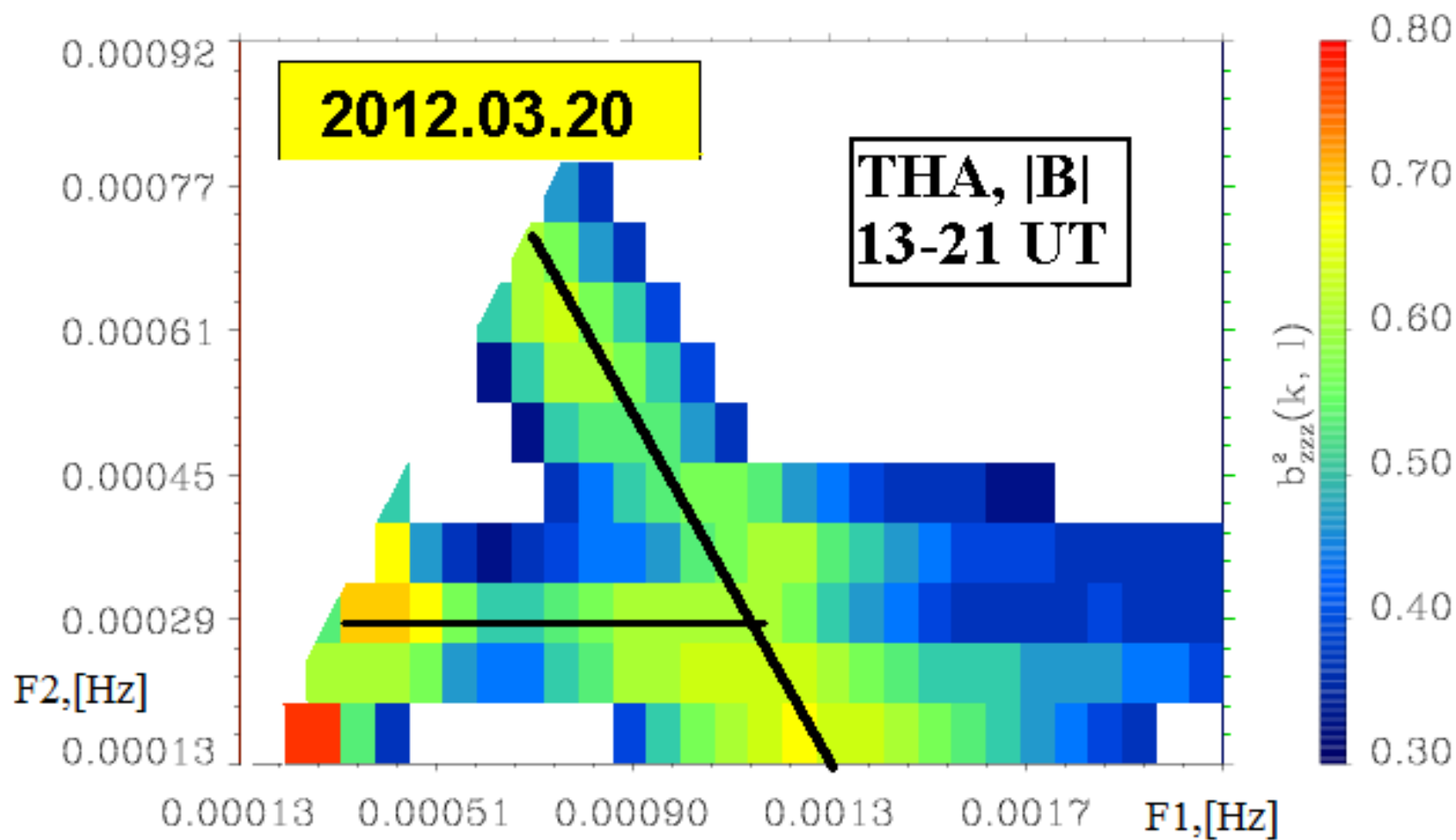
F3 с исходным на частотах **F2/ F1** (нелинейный каскад типа «накачка», **не путать с турбулентным**)

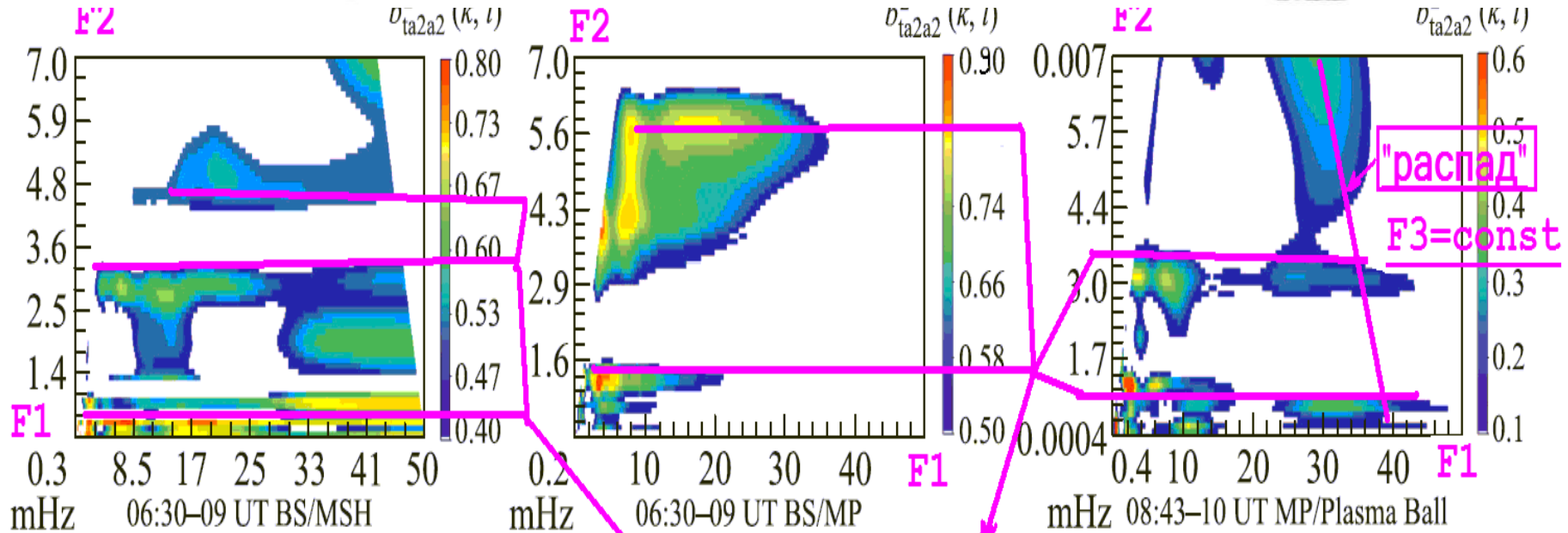
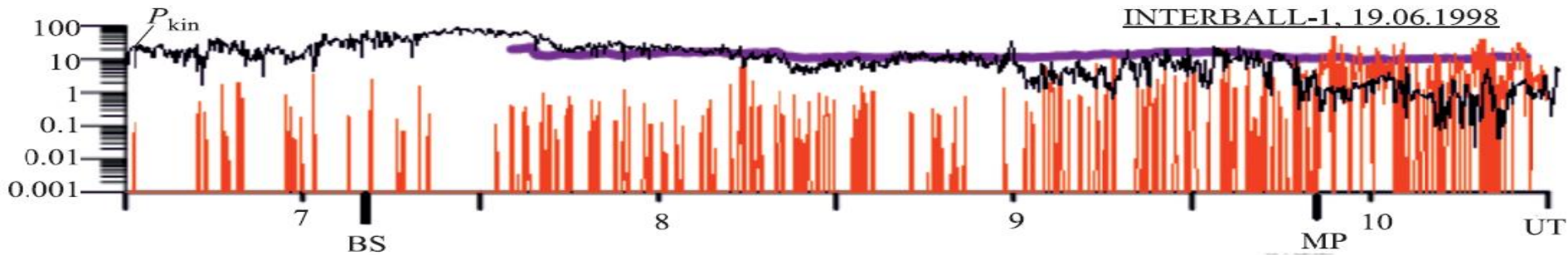
Максимумы с отрицательным наклоном на би- спектрограммах выделяют процессы с **F3 = const** , что соответствует

«распаду» волны на частоте **F3** на волны с частотами **F2** и **F1**

На каждой частоте можно анализировать разные параметры, мы перепробовали большинство и выбрали комбинацию с максимальной би-когерентностью.

Wavelet Squared Bicoherence





ВХОДЫ: $P_{dyn}/P_{xplus}/P_{xplus}$
F1 / F2 / F3

каскады "накачка" F2=const
"распад" F3=const
INTERBALL-1, 19/06,1998

Верхняя панель: черная кривая – кинетическое давление (фиолетовая – газодинамическая модель; красные импульсы – вектор Пойнтинга к Солнцу (P_{xplus}),);

Нижняя панель: взятая би-когерентность со входами [$P_{dyn}/P_{xplus}/P_{xplus}$] (P_{dyn} – динамическое давление). Слева – ударная волна, середина – перед магнитопаузой, справа – под магнитопаузой (Plasma Ball)

Wavelet Squared Bicoherence

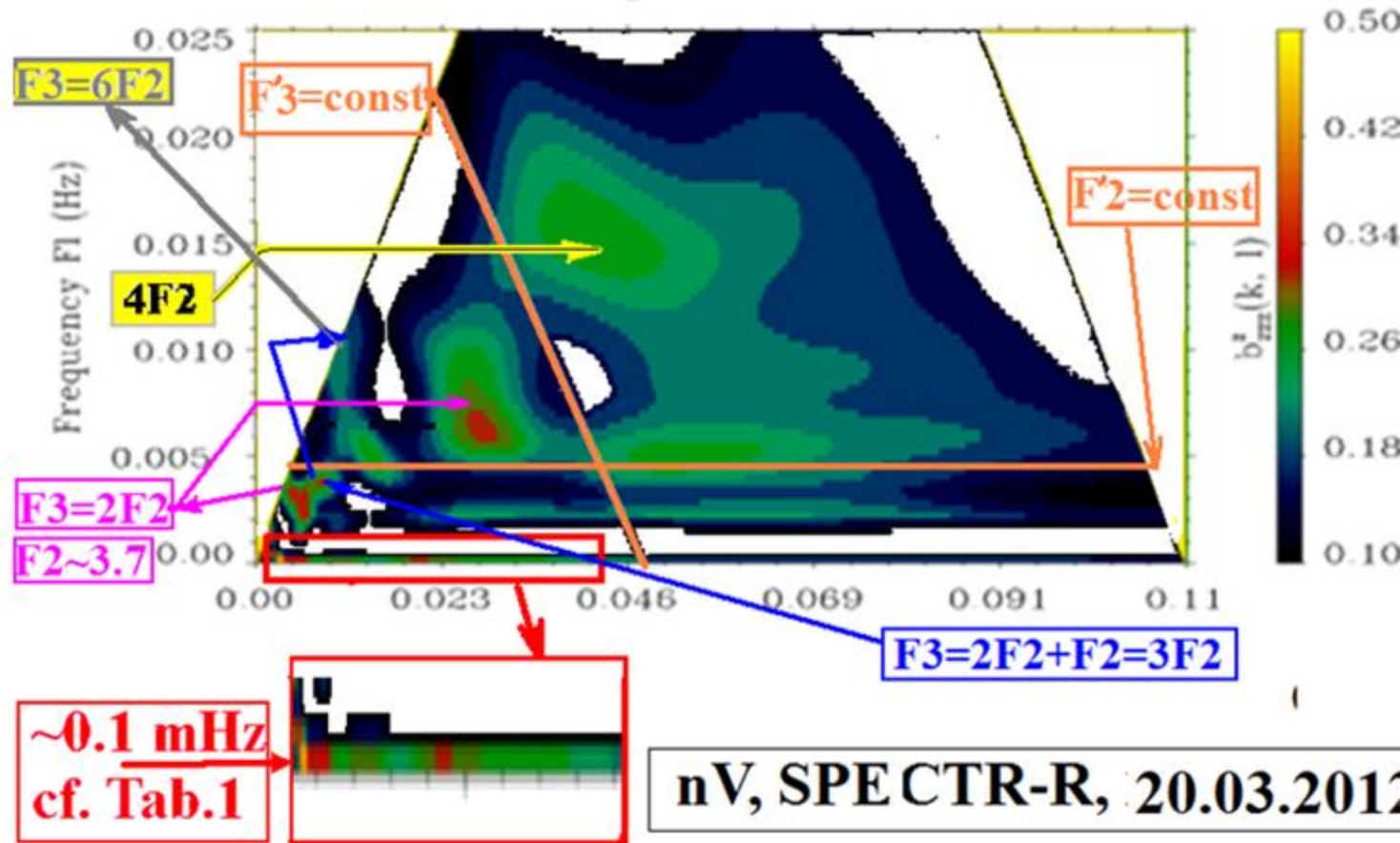


Рис.:2.:Би-спектрограмма·nV·со·SPECTR-R·для·Рис.:1,·см.·

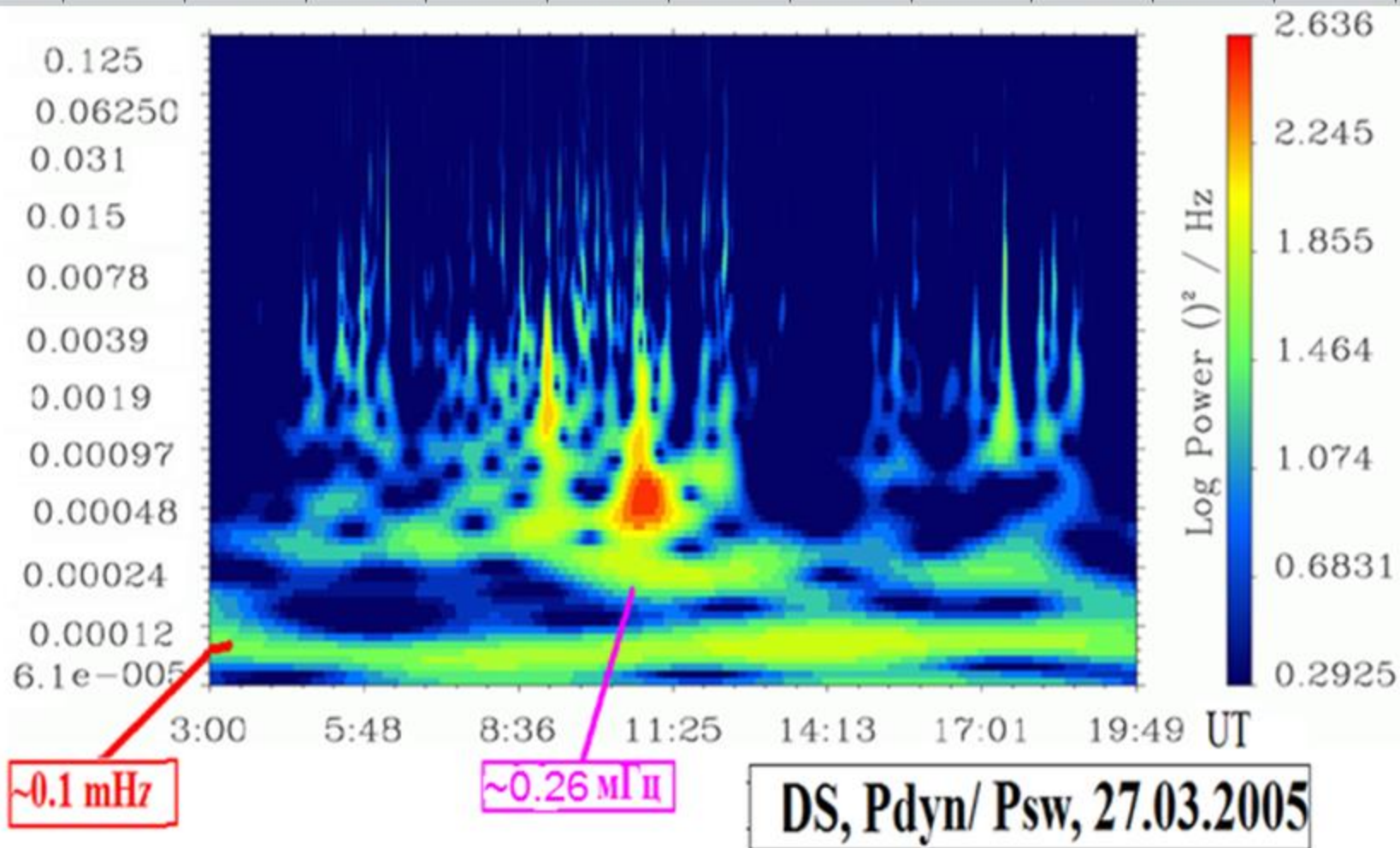
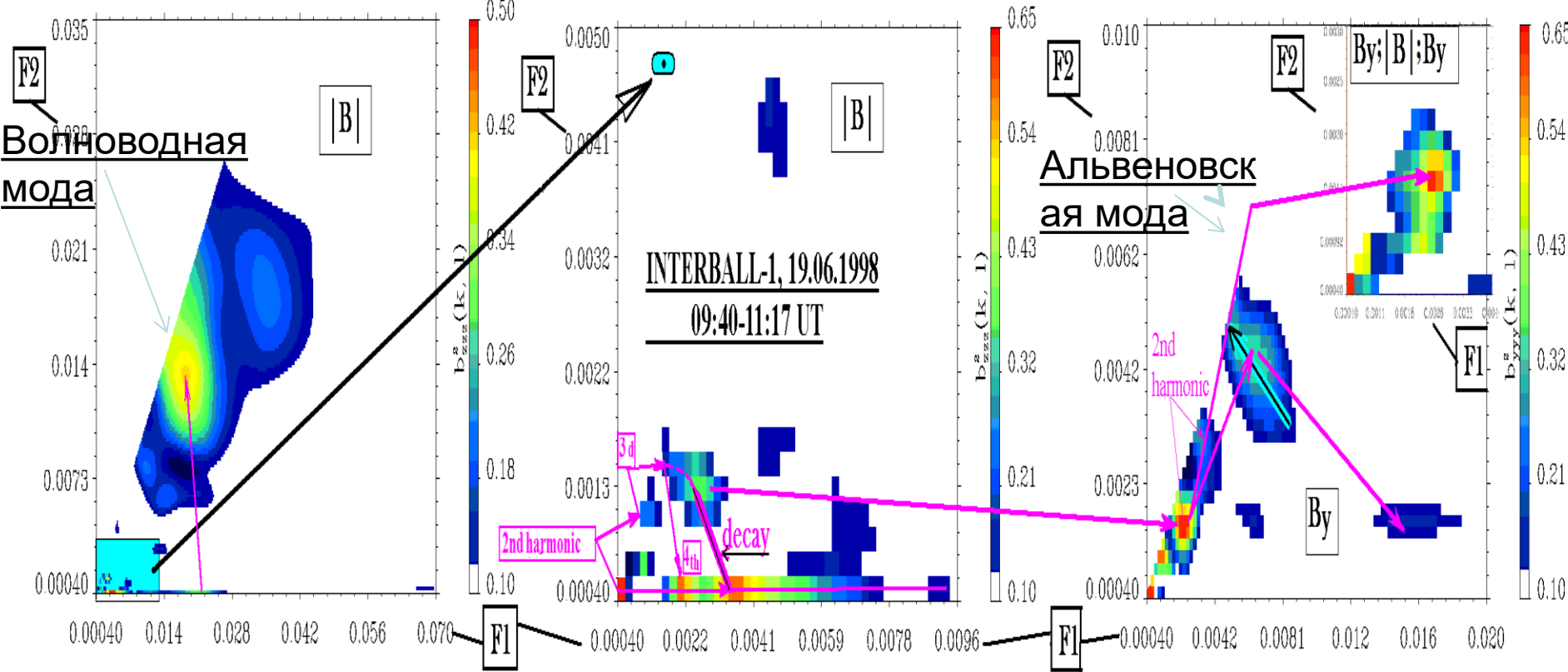
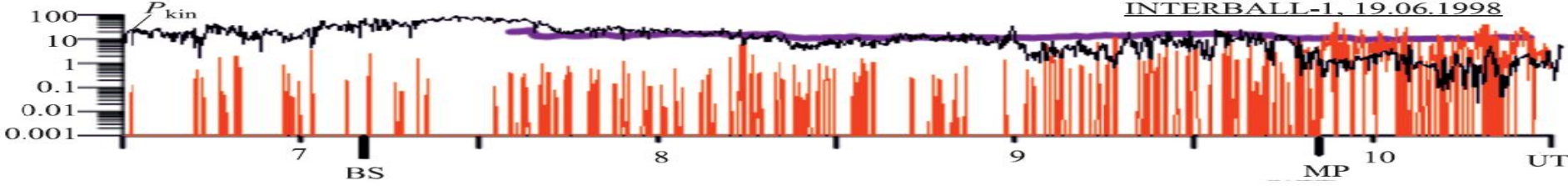


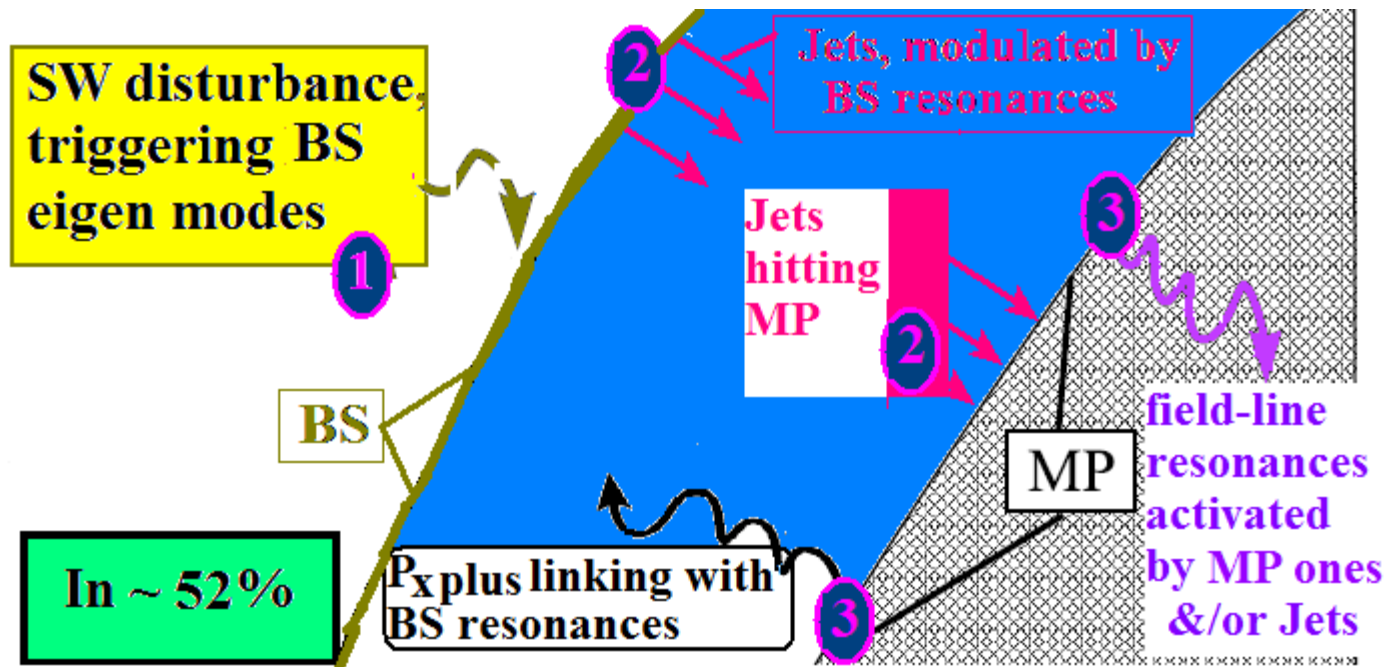
Рис. 4. Спектрограмма динамического давления с DS в дневном МЛТ.



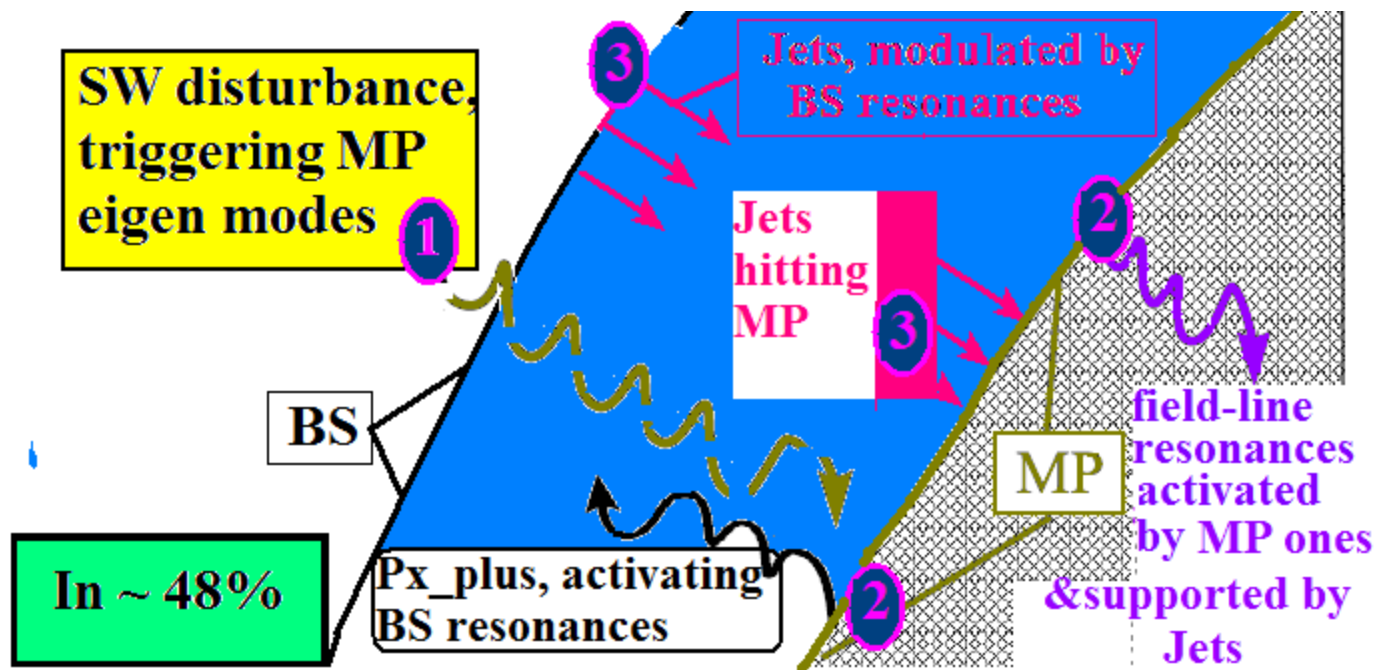
газодинамическая модель); красные импульсы – вектор Пойнтинга к Солнцу; «BS» - ударная волна, «MP» - магнитопауза.

Средняя панель: Вэйвлетные би-спектры компонент магнитного поля $|B|$ (левые панели) и B_y (GSE, правая панель) по данным ИНТЕРБОЛ-1 (INTERBALL-1) 19.06.1998, 09:40-11:17 UT. На вставке в верхнем право углу правой панели в качестве входов для би-спектрального анализа использовались сигналы на частотах F1 - B_y , F2 - $|B|$, F3 - B_y . Фиолетовые стрелки – показывают дальнейшие взаимодействия сигналов на

Schemes of the resonances in the dayside magnetosphere.
(a) In 52% cases with the SW disturbances triggering first BS resonances.



*Schemes of the resonances in the dayside magnetosphere.
(b) In 48% cases with the SW disturbances triggering first
MP resonances.*



- Предложена и экспериментально подтверждена МГД теории мембранной неустойчивости магнитопаузы и ударной волны. Она впервые объясняет структуру внешнемагнитосферных сжимаемых резонансов на 0.02- 0.5 мГц, включая т.н. «магические частоты» (0.7; 1.3; 1.9; 2.6; 3.3; 4.8; ... мГц), наблюдаемые в магнитных флуктуациях вплоть до наземных станций.
- По данным 8 спутников (включая отечественные ИНТЕРБОЛ-1 и СПЕКТР-Р) мы подтверждаем возбуждение резонансов у магнитопаузы и ударной волны и – впервые – прямо демонстрируем нелинейное 3х-волновое каскадное взаимодействие сжимаемых (0.05-5 мГц) и несжимаемых волн под магнитопаузой, обеспечивающее возбуждение Альвеновских резонансов магнитных силовых линий и волноводных резонансов на 1–25 мГц без совпадения частот линейных резонансов вблизи разных магнитосферных границ.
- Впервые выделены волны, разрушающие поток солнечного ветра: импульсы вектора Пойнтинга (длительностью 1-30 с, с промежутками ~ 1000 с) в сторону Солнца, вызывающие 3х-волновые каскадные процессы (с би-когерентностью свыше 80%), которые в 3 этапа (форешок, ударная волна, магнитопауза) разрушают и отворачивают солнечный ветер.
- Т.о. подчеркнута ведущая роль именно нелинейных гармоник и каскадов на резонансных частотах в физике бесстолкновительного взаимодействия потока плазмы и магнитного барьера.