



ИНСТИТУТ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНОЙ ФИЗИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

• Национальный ГелиоГеофизический Комплекс

- **СИБИРСКИЙ РАДИОГЕЛИОГРАФ – УНИКАЛЬНОЕ ОКНО В ГОРЯЧУЮ АТМОСФЕРУ СОЛНЦА**

Алтынцев А. и команда SRG

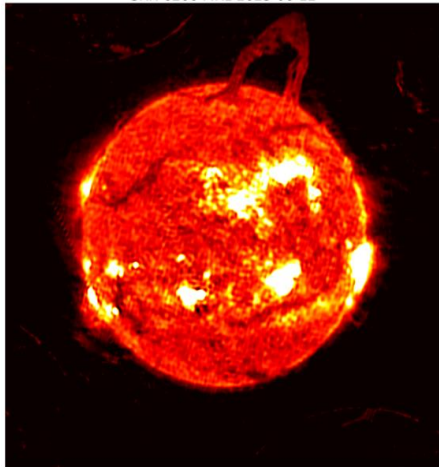


Завершение тестовых испытаний и достижение проектных характеристик на втором инструменте Гелиографического комплекса - многоволновом Сибирском радиогелиографе (СРГ), не имеющего аналогов в мире по широте частотного диапазона в сочетании с высоким пространственным и временным разрешением.



Вид части антенной системы

SRH 6200 MHz 2023-06-12



Изображение Солнца на частоте 6,2 ГГц

	СРГ Россия			eOVSA США	MUSER КНР
Полоса ГГц	2.8 - 6	6 - 12	12 - 24	1 - 18	2 - 15
Количество антенн	128	192	206	13	60
угл.сек	12	9	4	5	1.3
N частот	16	16	16	451	520
сек	3.5	3.5	3.5	1.0	0.2



*Lesovoi, S.V., Gary, D.E., Globa, M.V., and Ivanov, E.F.: 2025, // **Solar Physics**, V. 300, 2, 23.*

*Kuznetsov A.A., Fleishman G.D., Nita G.M., Anfinogentov S.A. Magneto-thermal Coupling and Coronal Heating in Solar Active Regions Inferred from Microwave Observations // **The Astrophysical Journal** 2025. V. 991. ID. 186.*

*Fleishman G.D., Kuznetsov A.A., Nita G.M. Steady-state Heating of Diffuse Coronal Plasma in a Solar Active Region // **Astrophysical Journal** 2025. V. 988. ID. 100*

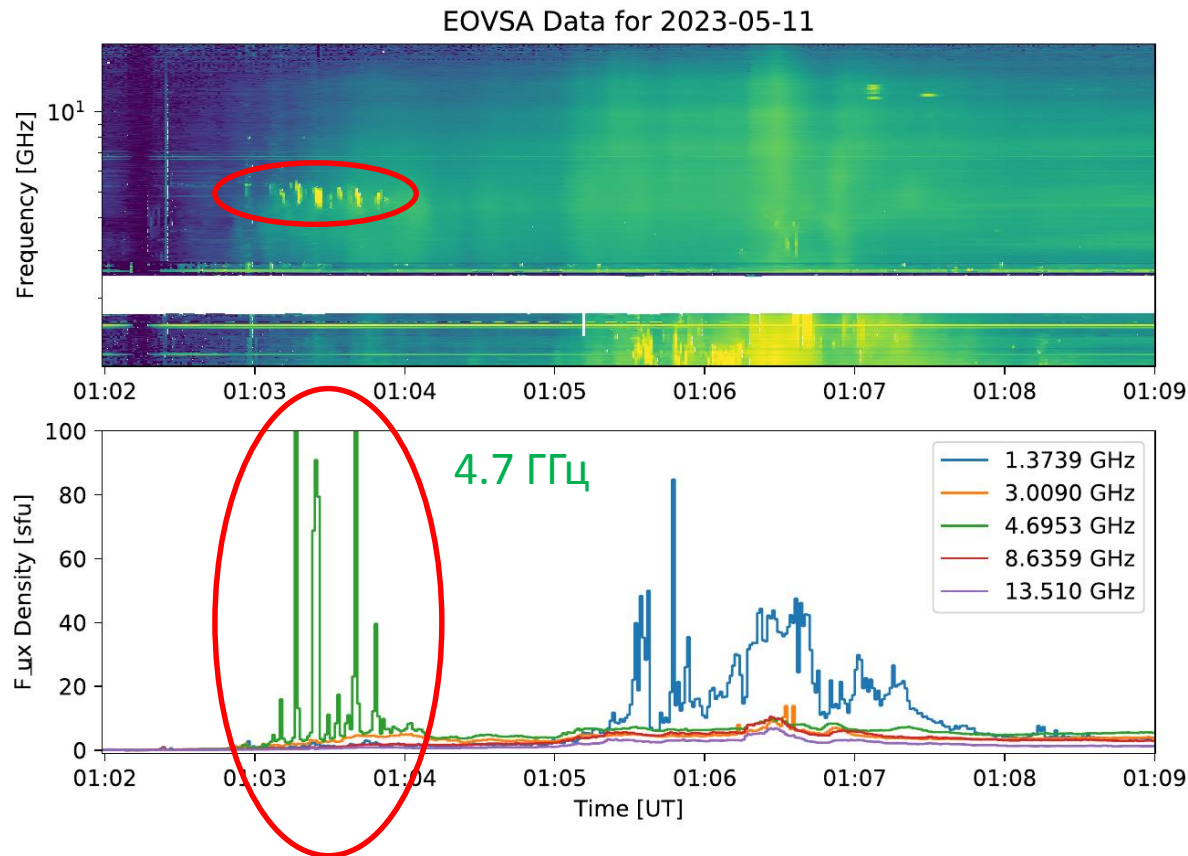
Исследования выполнены в кооперации с сотрудниками Center for Solar-Terrestrial Research, New Jersey Institute of Technology, USA

*Пакет программ для анализа данных наблюдений, инкорпорирован в международную среду
SolarSoftWare (SSW)*

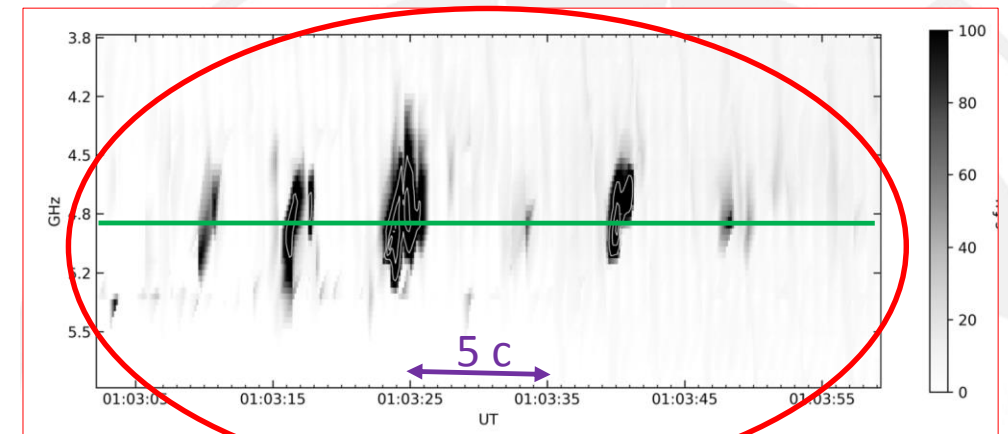


On a Possible Scenario of Solar Coherent Bursts

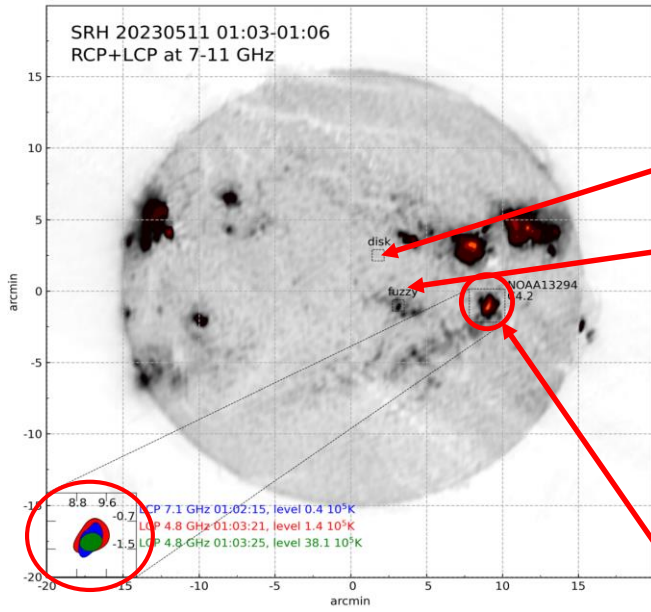
Lesovoi, S.V., Gary, D.E., Globa, M.V., and Ivanov, E.F.: 2025, // Solar Physics, V. 300, 2, 23.



Expanded Owens Valley Solar Array
Калифорния, 6 антенн, 1- 18 ГГц,
сви́пирование 451 частоты за 1 сек



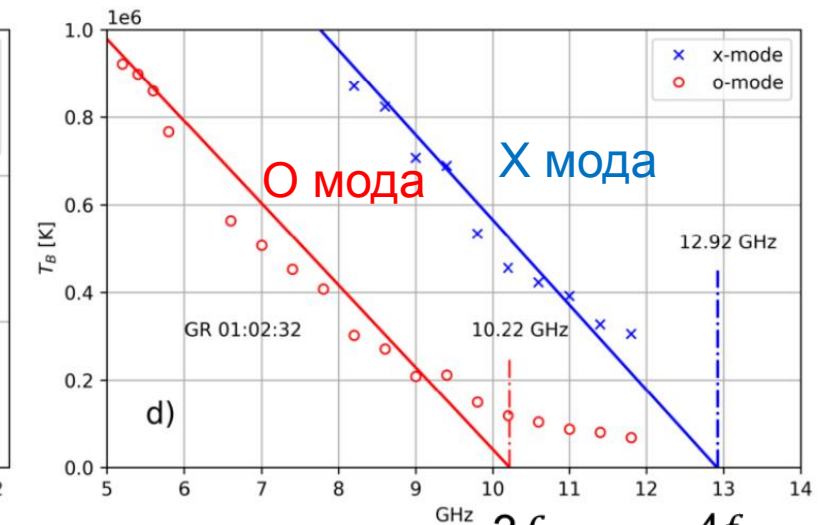
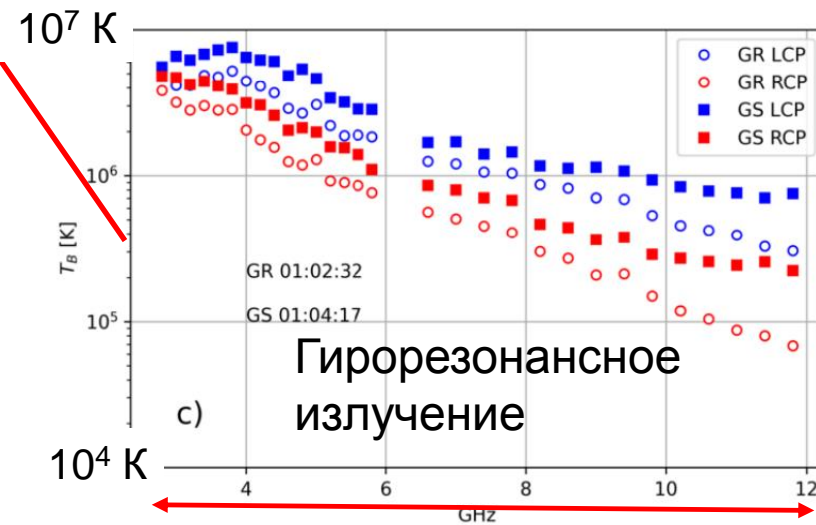
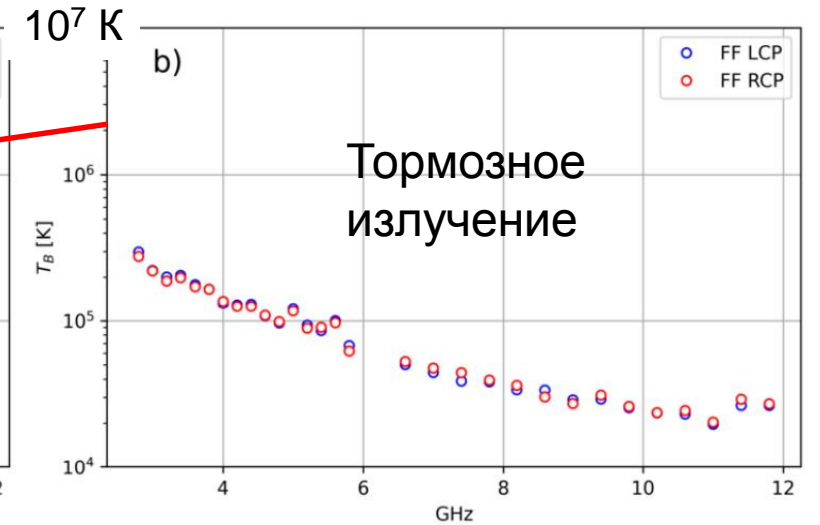
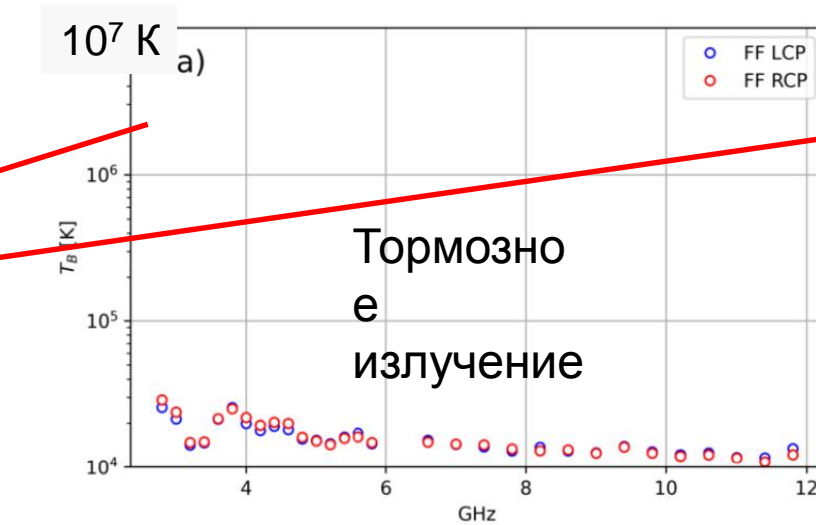
Серия субсекундных всплесков с
узкой полосой излучения 4 % и
100% круговой поляризации.



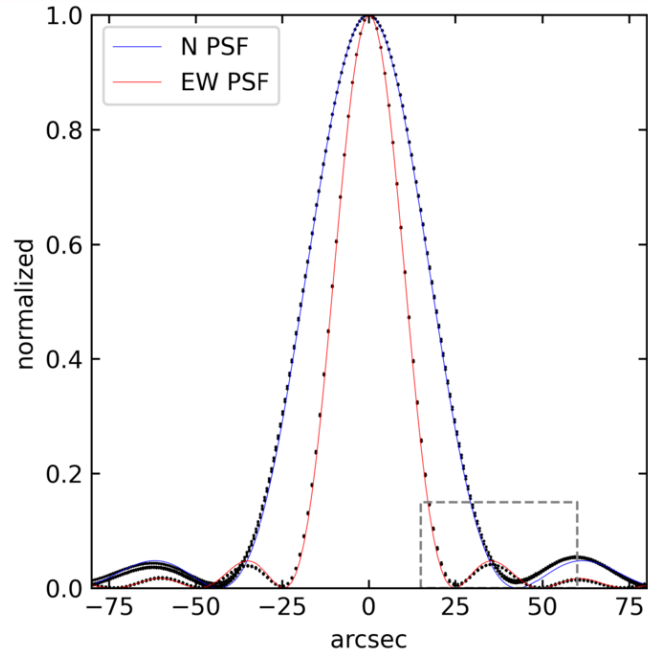
Вспышка C4.2

$$f_{ce} = 3.36 \text{ ГГц}$$

$$B = 1200 \text{ Гс}$$



2.8 ГГц 12 ГГц



Разностный отклик

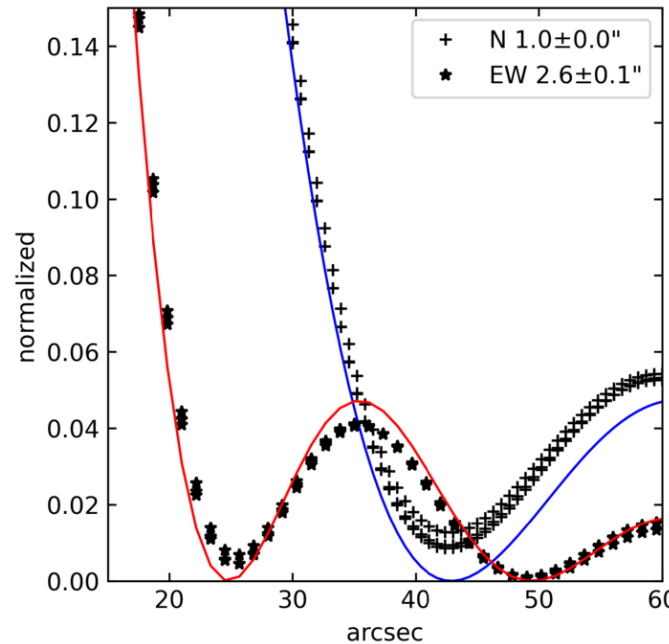


Диаграмма (D)

$$T = 2 \times 10^8 \text{ K}$$

$$37.2'' \times 37.8'' \text{ угл.сек}$$

$$\text{Размер источника } L = 2.2 \text{ угл.сек} \approx 1500 \text{ км}$$

$$\text{Яркостная температура } T \times D^2 / L^2$$

$$\approx 5.8 \cdot 10^{10} \text{ K}$$

Необыкновенная волна 90 - 100%

Полоса 4% - когерентное излучение

Электронно-циклотронный мазер на третьей гармонике

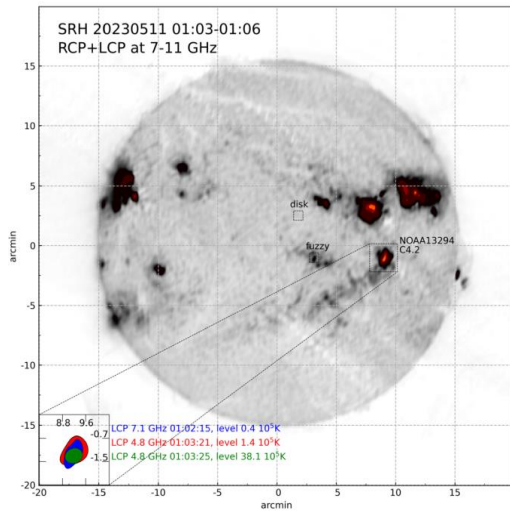
Энергия электронов ~ 20 кэВ

Avalanche модель вспышек – лавино –образное взаимодействие тонкоструктурных магнитоплазменных элементов с размерами в десятки км

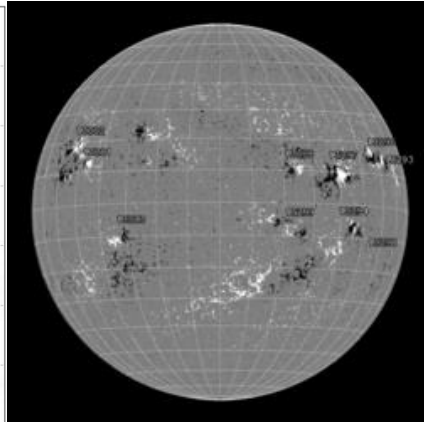


Kuznetsov A.A., Fleishman G.D., Nita G.M., Anfinogentov S.A. Magneto-thermal Coupling and Coronal Heating in Solar Active Regions Inferred from Microwave Observations Astrophysical Journal 2025. Vol. 991. ID. 186.

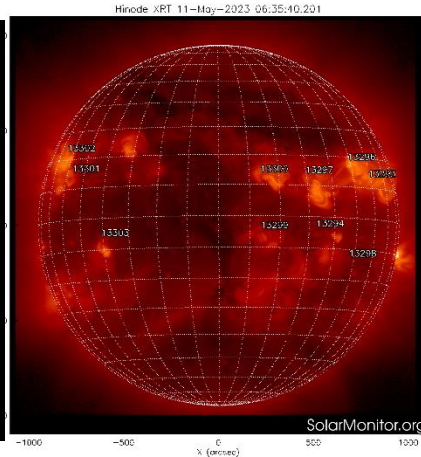
Fleishman G.D., Kuznetsov A.A., Nita G.M. Steady-state Heating of Diffuse Coronal Plasma in a Solar Active Region // Astrophysical Journal 2025. Vol. 988. ID. 100



7 – 11 ГГц



B_{los} , Гс



GOES SXT 1 – 8 A

Нагрев параметров короны над активными областями - выходами сильных магнитных полей

Тепловое гирорезонансное излучение
На 1 – 4 гармониках циклотронной частоты

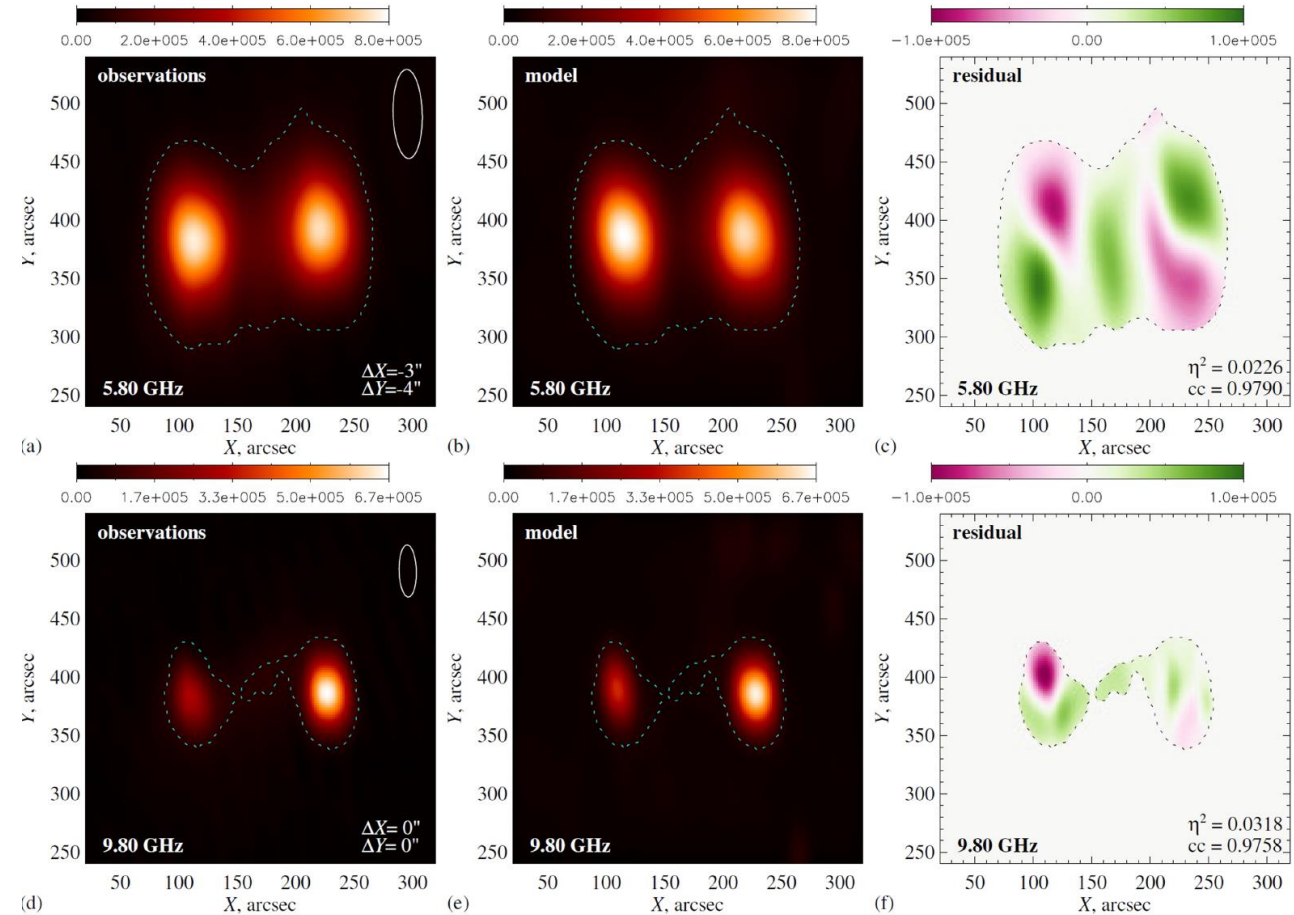
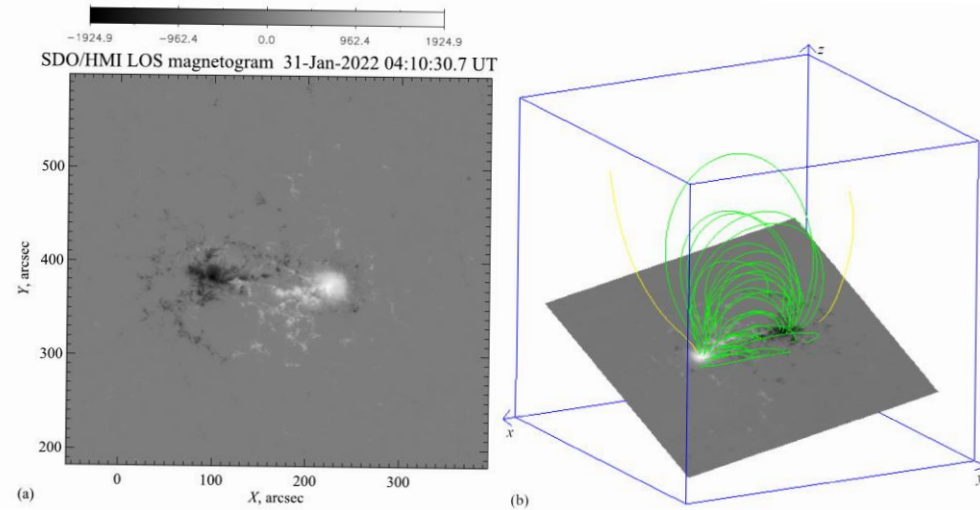
Для расчета радиокарт требуется:
3D распределение вектора магнитного поля
3D распределение температуры и плотности плазмы

Q [эрг/см³с⁻¹] - скорость нагрева элемента объема
 L – длина магнитной петли, проходящей через элемент
 $\langle B \rangle$ - среднее магнитное поле петли

$$B_0 = 100 \text{ Гс} \quad L_0 = 10000 \text{ км}$$

EBTEL МГД модель

$$Q = Q_0 \left(\frac{\langle B \rangle}{B_0} \right)^a \left(\frac{L}{L_0} \right)^{-b}$$



Разработаны алгоритмы и компьютерные программы для построения параметрической модели нагрева корональной плазмы, апробированные на восьми активных областях.

$$a=0.3, b=2.7, Q_0 = 0.021 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-3} \text{ с}^{-1} \text{ на } 5.80 \text{ ГГц}$$

$$a= - 0.2, b=2.5, Q_0 = 0.021 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-3} \text{ с}^{-1} \text{ на } 9.80 \text{ ГГц}$$



$$Q = Q_0 \left(\frac{\langle B \rangle}{B_0} \right)^a \left(\frac{L}{L_0} \right)^{-b}$$

Первый результат: $a \approx 0.0$? $b \approx 2.6$

$$\langle B \rangle \approx B'_0 \left(\frac{L}{L_0} \right)^\delta$$

$$Q \approx Q_0 \left(\frac{B'_0}{B_0} \right)^a \left(\frac{L}{L_0} \right)^{a\delta - b} = Q'_0 \left(\frac{L}{L_0} \right)^{a\delta - b}$$

Второй результат: Нагрев либо стационарный, либо частые нановспышки с интервалами менее часа между ними

Получены существенные новые ограничения на механизмы коронального нагрева

Открыто новое направление в исследовании нагрева солнечной короны над активными областями по микроволновым наблюдениям



ИНСТИТУТ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНОЙ ФИЗИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Спасибо за внимание!

