

1) Шарыкин И.Н., Кузнецов А.А.

2) **Моделирование микроволнового радиоизлучения нетепловых электронов в скрученных магнитных петлях**

3) Solar Physics, Vol. 291, pp. 1341-1355, 2016

4) **Общая проблема: Исследование ускорения и распространения заряженных частиц во время солнечных вспышек.**

Сегодня природа ускорения заряженных частиц в солнечных вспышках в особенности актуальна в связи с развитием космического приборостроения и выходом человека в космос. Известно, что ускоренные заряженные частицы во время солнечных вспышек могут наносить существенный вред как человеку в открытом космосе так и оборудованию. Несмотря на серьезное развитие многоволновой астрономии солнечных вспышек мы сегодня до сих пор до конца не понимаем как и где происходит ускорение заряженных частиц. Лучшее понимание фундаментальной физики ускорения и распространения электронов и ионов во время солнечных вспышек позволит лучше оценивать состояние космической погоды во время повышенной солнечной активности.

5) **Конкретная решаемая задача и ее значение: Моделирование нетеплового микроволнового радиоизлучения из скрученных магнитных петель.**

В рамках классической стандартной модели эруптивной солнечной вспышки магнитное пересоединение и ускорение заряженных частиц развивается в короне в токовом слое, формирующимся под эруптивным магнитным волокном. Однако существуют другие топологии магнитного поля, в котором могут образовываться токовые слои и инициироваться магнитное пересоединение с последующим ускорением электронов. В частности, магнитное пересоединение может происходить в скрученных магнитных петлях. Физика процесса продемонстрирована с помощью численного МГД моделирования во многих работах, но при этом четких наблюдательных подтверждений на примере солнечных вспышек еще нет. Поэтому важно развивать диагностику топологии магнитного поля, в котором ускоряются и распространяются ускоренные электроны, по наблюдаемому их излучению. Теоретически такую информацию мы можем получить по наблюдениям микроволнового гиротронного радиоизлучения. Главной целью работы является поиск особенностей распределения яркости и поляризации гиротронного радиоизлучения генерируемого нетепловыми электронами вдоль скрученных магнитных петель на основе трехмерного моделирования радиоизлучения. Значение данной работы заключается в том, что результаты моделирования могут использоваться для диагностики магнитных полей, в которых происходит распространение ускоренных электронов.

6) **Методы:** Для трехмерного моделирования гиротронного радиоизлучения используется пакет программ GX_SIMULATOR, в котором реализованы быстрые коды расчета гиротронного спектра и поляризации радиоизлучения как тепловых так и нетепловых популяций электронов. Модельное магнитное поле рассчитывалось аналитически с помощью формул из работы (Titov & Demoulin, 1997). Данное магнитное поле описывает скрученный магнитный жгут с сильным электрическим током, текущим вдоль него. Ускоренные заряженные частицы равномерно заполняют объем скрученной магнитной петли и имеют степенной энергетический спектр. ПITCH угловое распределение также задается аналитически в трех вариантах: изотропное распределение, анизотропное "блинообразное" (поперек магнитного поля) и анизотропное "пучковое" (вдоль

магнитного поля) распределения. Спектры и поляризация микроволнового радиоизлучения рассчитывается для различных степеней закрученности магнитного поля и разной степени анизотропии pitch-углового распределения. Симуляция "реальных" карт компонент Стокса I и V для радиогелиографа Nobeyama Radiogeliograph (NoRH) осуществлялась сверткой полученных модельных карт с высоким разрешением с симметричной двухмерной Гауссианой, чья сигма определяется PSF радиогелиографа на той или иной частоте.

7) **Полученные результаты и их значимость:** Показано, что нетепловые электроны внутри скрученной магнитной петли генерируют гиротронное радиоизлучение с необычным распределением поляризации в радиоисточнике. Для источников на центре солнечного диска, линия инверсии знака поляризации радиоизлучения наклонена к оси магнитной петли. Если магнитная петля расположена на лимбе, то инверсия знака поляризации радиоизлучения происходит через ось петли. Источник радиоизлучения имеет более компактные размеры в случае менее скрученной магнитной петли и анизотропного pitch-углового распределения нетепловых электронов. Таким образом, показано что пространственно-разрешенные наблюдения микроволнового радиоизлучения могут использоваться для определения топологии магнитного поля, в котором распространяются ускоренные электроны. Однако такая диагностика затруднена для современных работающих радиогелиографов из-за плохого пространственного разрешения. Необходимы новые инструменты, для подтверждения или опровержения результатов данной работы. В будущем, показанный эффект можно будет попытаться обнаружить по наблюдениям солнечных вспышек с высоким пространственным разрешением, таких новых телескопов, как: Expanded Owens Valley Solar Array (EOVSA) и Mingantu Ultrawide Spectral Radioheliograph (MUSER).