КАТАЛОГ ГОРЯЧИХ СТРУЙ В КОРОНЕ СОЛНЦА ЗА 2015–2018 гг.

**Кальтман Т.И.¹, Накаряков В.М.^{1,2}, Анфиногентов С.А.³,
Ступишин А.Г.⁴, Лукичева М.В.^{1,5}, Шендрик А.В.¹**

¹*Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия*

²*Centre for Fusion, Space and Astrophysics, Physics Department, University of Warwick, UK*

³*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

⁴*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

⁵*Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Göttingen, Germany*

CATALOGUE OF HOT JETS IN THE SOLAR CORONA FOR 2015–2018

**Kaltman T.I.¹, Nakariakov V.M.^{1,2}, Anfinogentov S.A.³,
Stupishin A.G.⁴, Loukitcheva M.V.^{1,5}, Shendrik A.V.¹**

¹*Special astrophysical observatory of RAS, St. Petersburg, Russia*

²*Centre for Fusion, Space and Astrophysics, Physics Department, University of Warwick, UK*

³*Institute of solar-terrestrial physics SB RAS, Irkutsk, Russia*

⁴*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

⁵*Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Göttingen, Germany*

The creation of a catalogue of plasma jets in the corona of the Sun with primary information about detected events, parameters of the jets, parent active regions and related eruptive phenomena is presented. The catalogue includes data obtained with the spaceborne SDO/AIA high-precision EUV imaging telescope and ground-based radio telescopes and spectrometers, including RATAN-600, SRG and Nobeyama Radio Heliograph.

The catalogue contains information about the date and time of the jet, heliographic coordinates, duration, as well as information about the flare, and an associated radio burst, and/or a coronal mass ejection, if observed. Data of spectral polarisation observations of microwave spectrum of regions in the 3–18 GHz band obtained with RATAN-600 (for the events close in time with RATAN-600 scans) and SRG are added to the catalogue together with the SRG and Nobeyama images. For selected events extrapolations of the photospheric magnetic field into the corona are included too.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-197-200

Введение

Исследования плазменных струй (plasma jets) в солнечной атмосфере являются активно развивающимся научным направлением исследований как в контексте фундаментальной физики плазмы и плазменной астрофизики, так и в рамках разработки методов прогнозирования космической погоды [1]. Корональные струи – это почти повсеместное солнечное явление, возникающее независимо от фазы солнечного цикла. Рентгеновские и EUV наблюдения регистрируют коллимированные лучеобразные структуры, которые в основаниях часто связаны с корональными яркими точками.

Данные, полученные за последние три десятилетия различными космическими миссиями (например, Yohkoh, SOHO, STEREO, Hinode, SDO, IRIS), позволили получить обширное представление о возникновении и эволюции корональных струй. Несмотря на значительные достижения как в наблюдениях, так и в теоретических исследованиях, остаются до конца не изученными основные физические механизмы, которые запускают эти события, поддерживают и контролируют их, а также влияют на их эволюцию.

Современные исследования основаны на использовании данных новейших космических и наземных телескопов, позволяющих получить как спектр, так и изображение объекта, а также на широком разнообразии струйных течений, присутствующих в атмосфере Солнца на всех фазах цикла. Наблюдение плазменных струйных излучений одновременно в различных диапазонах позволяет детально изучить как их инициирование, энергию, динамику и коллимацию, так и связанные с ними плазменные процессы: неустойчивость, турбулентность и ускорение заряженных частиц.

В данной работе представлено создание каталога плазменных струй в короне Солнца, описана его структура и приведены примеры данных.

Состав каталога

Данный каталог (рис. 1а) размещен на сайте СПбФ САО по адресу <http://prognoz2.sao.ru/coronal-jets-catalog>. По данным SDO/AIA с помощью системы первичной обработки данных JHelioViewer и Heliophysics Events Knowledgebase (НЕК) составлен каталог плазменных струй в короне Солнца путем идентификации событий в фильмах, построенных по высокопрецизионным КУФ наблюдениям с размером пикселя 0.6" и временным шагом 12 секунд. Для некоторых событий, совпадающих по времени с наблюдениями наземных инструментов РАТАН-600, СРГ и Nobeyama Radio Heliograph, добавлены соответствующие данные микроволнового диапазона.

Каталог (рис. 1 слева) содержит информацию о дате и времени струи, гелиографических координатах, длительности, а также информацию о вспышке, радиовсплеске и корональном выбросе массы, если они наблюдались. Ниже приведены примеры данных.

Так, в каталоге имеются спектрально-поляризационные данные наблюдений микроволнового спектра активной области, в которой произошло событие, в диапазоне 1–18 ГГц по данным РАТАН-600 (рис. 1b), данные наблюдений Nobeyama (рис. 2) и СРГ (рис. 3). Данные по реконструированному магнитному полю, согласно методике, описанной в [2], представлены в формате IDL-читаемом формате '.sav' и готовы для использования в пакете GX-simulator [3] Представлена визуализация динамики по данным AIA в разных спектральных линиях (movie), включая полную ин-

тенсивность и бегущую разность (рис. 4а). Для некоторых событий представлены наложения изображений струйных событий на фотосферное магнитное поле (рис. 4б).

Рис. 1. Слева: общий вид каталога на сайте. Справа: спектры активной области AR12672, полученные 2017/08/24 за несколько моментов времени на РАТАН-600.

Рис. 2. Изображение активной области AR12642 по данным радиогелиографа Nobeyama, 2017/03/03 с шагом 10 минут.

Рис. 3. Временные профили параметров Стокса I, V по данным Сибирского радиогелиографа (СРГ 48) за 2017/09/05.

Рис. 4. Слева: совмещение изображений магнитного поля (темно-серый) и двух джетов (черно-белый, в правой части рисунка) для момента времени 2016-05-21 10:46:58UT. Справа: совмещение изображений магнитного поля (светло-серый), джета (черный) для момента времени 2017-09-13 05:38:07UT и КВМ (темно-серый) для момента времени 2017-09-13 05:48:07UT.

Выводы

Создан и начата работа по заполнению Каталог плазменных струй в короне Солнца: с первичной информацией о событии, параметрах струи и материнской активной области, и сопутствующих эруптивных явлениях. В каталог сведены данные, полученные с помощью космического высокопрецизионного КУФ изображающего телескопа SDO/AIA и наземных радиотелескопов и спектрометров, включая РАТАН-600, СРГ и Nobeyama.

Цель составления каталога: определение физических механизмов, ответственных за генерацию, коллимацию и динамику плазменных струй в атмосфере Солнца путем сочетания анализа данных с численным моделированием МГД процессов. Дальнейшей целью является анализ соответствия магнитных конфигураций существующим моделям генерации МГД струй, расчеты их КУФ, радио и рентгеновского излучения.

Каталог позволит осуществлять поиск статистических закономерностей, таких как взаимные зависимости между различными наблюдаемыми параметрами. Такие статистические закономерности необходимы для валидации подобных зависимостей, предсказываемых различными моделями, и позволят сделать выбор в пользу того или иного механизма образования и эволюции струй.

Работа поддержана грантом РФФИ 18-29-21016.

Литература

1. Raouafi *et al.* // Space Science Reviews, 2016, V. 201, I. 1-4, pp. 1-53.
2. Fleishman *et al.* // Astrophys. J., 2017, 839:30
3. Nita *et al.* // Astrophys. J., 2015, 799, 236