

УНИФИЦИРОВАННАЯ БАЗА ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЦА В ЛИНИИ HE I 1083 nm, ПОЛУЧЕННЫХ НА ТЕЛЕСКОПЕ БСТ-2/КРАО

Андреева О.А., Малащук В.М., Плотников А.А.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым, Россия

UNIFIED DATABASE OF SUN OBSERVATIONS IN THE HE I 1083 NM LINE OBTAINED AT THE BST-2/CRAO TELESCOPE

Andreeva O.A., Malashchuk V.M., Plotnikov A.A.

Crimean Astrophysical Observatory of RAS, Nauchny, Crimea, Russia

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-15-18>

Systematic observations in the He I 1083 nm (HeI) line at the Tower Solar Telescope TST-2 at the Crimean Astrophysical Observatory began in 1999 and continue to the present day. During this time, a large amount of observational material has been accumulated, that allows us to analyze the evolution of coronal holes, study their latitudinal distribution, and their connection with other structures on the Sun. Since, during this period, improvements of the observational process of different complexity have been repeatedly made, and image processing has also undergone some changes, we have several series of solar maps of different types. The purpose of our work is to process all images obtained in the period from 1999 to 2023 using a single methodology and form a single database from them – a convenient tool for unified visualization of all observational material. A brief description of the algorithm for processing observations is given and fragments of the database are presented.

Введение

В последнее время фокус в наблюдательной области физики Солнца смещается в сторону увеличения пространственного разрешения и изучения верхних слоев атмосферы Солнца [1]. Для исследования физических свойств верхней хромосферы и переходного слоя между хромосферой и короной многие инструменты используют триплет He I 1083 nm. Именно в этой линии, которая образуется в верхней хромосфере на высоте около 2000–3000 км и возбуждается ультрафиолетовым излучением, возможно наблюдать корональные дыры (КД) с Земли.

Во второй половине 80-х годов прошлого века в Крымской астрофизической обсерватории (КраО) на Башенном Солнечном Телескопе БСТ-2 (БСТ-2/КраО) под руководством Н.Н. Степанян были начаты работы по подготовке технических возможностей и программного обеспечения для наблюдений в линии He I. Начало наблюдениям было положено в 1989 г., а систематические наблюдения выполняются с 1999 года по настоящее время. Эти наблюдения необходимо продолжать и дальше для расширения ряда данных на текущий солнечный цикл.

Модернизация процесса наблюдений и обработки результатов

Вместе с тем, за это время неоднократно выполнялось усовершенствование процесса наблюдений разной сложности, и процесс обработки изображений также претерпевал некоторые изменения. Во второй половине 1980-х годов на БСТ-2/КраО введен в строй солнечный спектрофотометр, предназначенный для наблюдения Солнца в линии He I [2]. Прибор позволил проводить изучение хромосферных образований и наблюдать корональные дыры. В 1998 выполнена модернизация Универсального спектрофотометра (УСФ) [3]. Модернизация 2019 года касалась усовершенствования системы управления спектрофотометром [1]. Она позволила улучшить качество получаемых изображений Солнца в линии He I, сократила время наблюдений и обработки. А.С. Куценко выполнены работы по модернизации технических и программных возможностей получения изображения диска Солнца в линии He I. В результате сканирования мы получаем изображение Солнца, требующее окончательной обработки.

Окончательная обработка включает в себя: устранение последствий люфты при сканировании, компенсацию потемнения к лимбу, поворот изображения с учетом даты и положения целостатной установки. Программа окончательной обработки написана на языке Python с применением библиотек SciPy, NumPy, Matplotlib и SunPy. Данные сохраняются в FITS-формате в двух вариантах: карта интенсивности с потемнением к лимбу и без него.

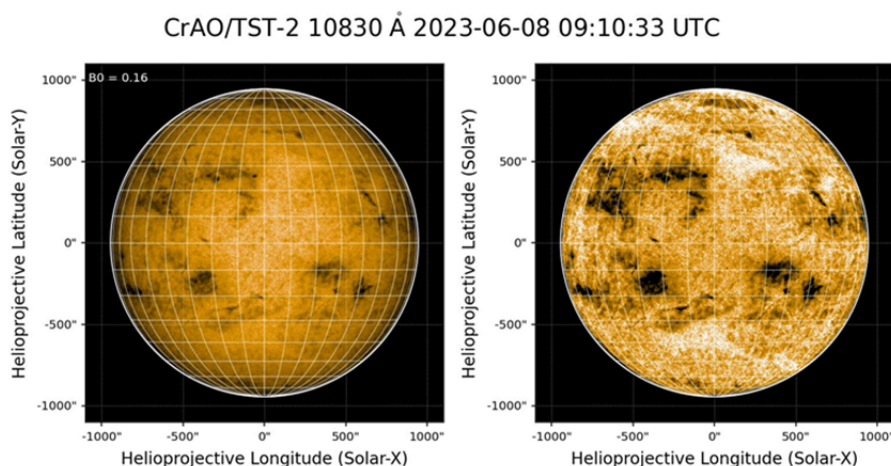


Рис. 1. Изображения Солнца, полученные в линии HeI на УСФ телескопа БСТ-2/КраО.

В заголовок FITS файлов внесена вся информация, регистрируемая во время сканирования изображения: дата и время наблюдения, ширина и высота щели спектрографа, угол наклона целостатной установки, размер пикселя в угловых координатах. Эти данные дают возможность пользователям легко проводить координатные преобразования для желаемого анализа.

Также, для удобства визуального анализа, данные сохраняются в формате JPEG-изображений с добавлением вспомогательной информации. JPEG-файл представляет собой пару карт с изображениями диска Солнца,

нормализованных к $3,6 \times 3,6$ секунд дуги на один пиксель (рис. 1). Левое изображение – с потемнением к лимбу, правое – без потемнения. На картах указаны данные регистрации изображений – время и соответствующее значение угла B_0 (угла между солнечным экватором и лучом зрения). На оба изображения наложена сетка с шагом в 10° .

Новая программа обработки позволяет осуществлять потоковую обработку изображений, что очень важно для нашей задачи унификации визуализации базы наблюдений.

Унификация базы данных наблюдений в линии He I 1083 nm

На сегодняшний день мы имеем базу данных наблюдений в линии HeI за период с 1999 по 2023 год на сайте нашего отдела <https://sun.crao.ru/observations/izobrazheniya-solntsa-v-linii-hei-1083nm>. Из-за того, что данные были получены и обработаны разными программами, изображения в разные периоды времени существенно отличаются по оформлению, яркости и контрасту.

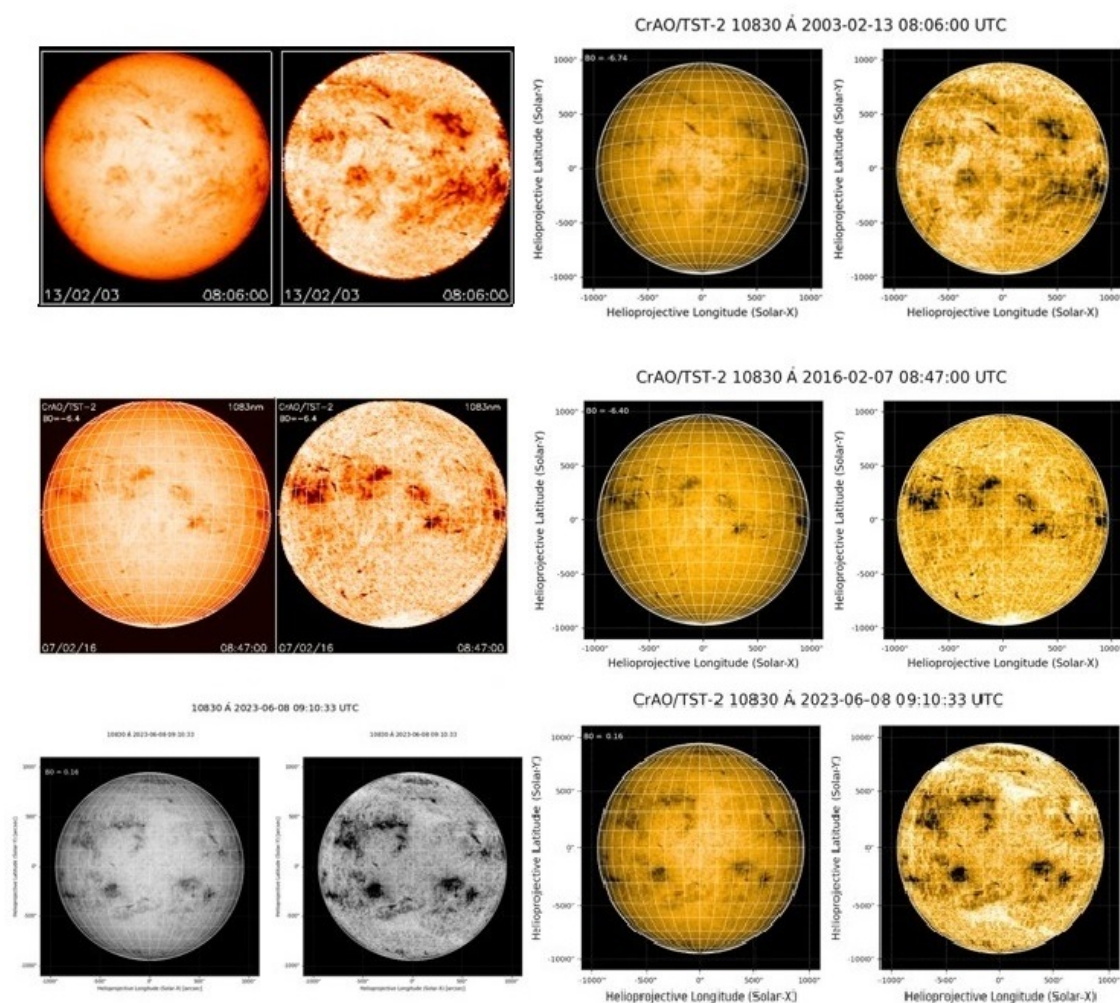


Рис. 2. Слева – примеры изображений Солнца из базы наблюдений в разные промежутки. Справа – те же изображения, но обработанные по единой методике.

Благодаря тому, что новое программное обеспечение для обработки наблюдений позволяет в достаточно приемлемые сроки обработать в потоке большое количество данных, у нас появилась возможность обработать весь наблюдательный материал по единой методике и привести визуализацию всех наблюдений к единому виду. Это удобно для анализа, сравнения и просмотра полученных карт Солнца. Ранее публикуемая база ограничивалась только одним изображением в день, хотя зачастую наблюдений было больше. В данный момент на сайте доступны только JPEG-изображения наблюдений, чего недостаточно для компьютерных методов анализа. Базу необходимо дополнить и FITS-файлами. По этим причинам мы приступили к формированию новой базы. По окончании работы она будет доступна по существующей ссылке. Планируется, что данные будут доступны в трех видах – JPEG (пример на рис. 1), FITS с потемнением к лимбу, FITS с компенсацией потемнения к лимбу.

Выводы

Унифицированная база наблюдений Солнца в линии He I 1083 nm, полученных на УСФ телескопа БСТ-2/КраО с 1999 года по настоящее время представляет удобный инструмент для однообразной визуализации всего наблюдательного материала. База данных дополняется недостающими ранее картами полного диска Солнца. Становятся доступными для пользователей не только JPEG-файлы, но и FITS-файлы.

Новая база данных может быть полезна при проведении научных исследований в области изучения природы и эволюции КД и их связи с другими структурами на Солнце.

Литература

1. Семёнов Д.Г., Суница Г.А., Куценко А.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2021. Т. 117, № 1, 15.
2. Букач А.Б. и др. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1990. Т. 82. С. 172.
3. Степанян Н.Н. и др. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2000. Т. 96. С. 194