

РОССИЙСКО-КУБИНСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ. ПЕРВЫЙ СВЕТ И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ОБСЕРВАТОРИИ

© 2022 г. С. А. Нароенков¹, *, И. С. Саванов¹, М. Е. Сачков¹, М. А. Наливкин¹

¹ *Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия*

*E-mail: snaroenkov@inasan.ru

Поступила в редакцию 17.06.2022 г.

После доработки 11.07.2022 г.

Принята к публикации 18.07.2022 г.

В статье представлены сведения о первых результатах работы по исследованию звезд на оптической станции Российско-Кубинской обсерватории. Обсерватория состоит из двух станций – оптической и геодинамической, созданных Институтом астрономии РАН и Институтом прикладной астрономии РАН совместно с Институтом геофизики и астрономии Республики Куба. Основным инструментом обсерватории является 20-см широкоугольный роботизированный телескоп с ПЗС-камерой и колесом фотометрических фильтров. В конце 2021 и начале 2022 г. проведены первые фотометрические исследования активных звезд V410 Tau и FR Сnc.

Ключевые слова: оптические наблюдения, активные звезды

DOI: 10.31857/S0004629922100103

1. ВВЕДЕНИЕ

В начале 2022 г. произошло значимое событие в истории Российско-Кубинского научного сотрудничества. На территории Института геофизики и астрономии Республики Куба в г. Гавана была открыта международная Российско-Кубинская астрономическая обсерватория (РКО). Эта обсерватория стала первым результатом плодотворного сотрудничества трех организаций – Института астрономии РАН, Института прикладной астрономии РАН и Института геофизики и астрономии Республики Куба в обширной научной программе, выполняемой в рамках межправительственных соглашений о научно-техническом и инновационном сотрудничестве между Россией и Кубой.

Первые совместные научно-технические работы по исследованию космического пространства начались на Кубе шестьдесят лет назад. В 1964 г. кубинские астрономы с помощью советских специалистов начали систематические наблюдения за искусственными спутниками, положив тем самым начало обширной программе космических исследований с территории Кубы. В 1966 г. в Институте геофизики и астрономии Академии наук Кубы начала работать станция по приему радиосигналов с искусственных спутников, что позволило получить необходимые данные для изучения верхних слоев атмосферы. Одновременно в Гаване и Сантьяго-де-Куба были созданы станции слежения за искусственными

спутниками, снабженные самой современной на тот момент аппаратурой [1].

С середины 1960-х годов активное участие в работах по созданию наблюдательных площадок для космических исследований принимал Астрономический совет при Академии наук СССР (современное название – Институт астрономии Российской академии наук). Сотрудники Института астрономии РАН установили в Сантьяго-де-Куба спутниковую фотографическую камеру АФУ-75, лазерный дальномер, организовали службу времени. Начиная с 1969 г. сотрудники Главной астрономической обсерватории РАН и САО РАН совместно с кубинскими коллегами начали исследования солнечной активности с территории Республики Куба при помощи радиотелескопа РТ-3 и 25-см телескопа-рефрактора [2].

В дальнейшем совместные исследования были расширены в рамках реализованной СССР программы “Интеркосмос”, являющейся образцом международного научного сотрудничества. Программа “Интеркосмос” включала в себя различные эксперименты по космической физике, научные исследования по космической медицине и биологии, запуск искусственных спутников Земли, полеты международных экипажей.

Кубинские ученые участвовали в обработке данных с космических спутников, совместно с учеными других стран проводили комплексное изучение взаимодействия магнитосферы и ионосферы. В течение многих лет вместе с учеными

других стран кубинские специалисты проводили оптические наблюдения искусственных спутников Земли. Для этого они использовали специальные фотографические и лазерные установки. На территории Кубы была построена станция единой телеметрической системы, которая позволяла получать научную информацию непосредственно с борта спутников серии “Интеркосмос”. С начала выполнения программы “Интеркосмос” кубинские специалисты участвовали в ряде наблюдений за спутниками Земли, таких, как “Атмосфера”, “Большая хорда” и др. Результаты этих наблюдений использовались для целей геодезии и геофизики [1]. Научные работы по программе “Интеркосмос” проводились до конца 1991 г.

С 2017 г. начался новый этап сотрудничества между Россией и Кубой. Была создана “Российско-Кубинская рабочая группа по сотрудничеству в области науки, технологий и окружающей среды”, в состав которой вошли представители правительств и министерств двух стран. Группой определен ряд стратегических приоритетных направлений научного сотрудничества — медицина, сфера биотехнологий, нанотехнологии, астрономия и прикладная математика. Первыми проектами для совместной реализации стали: создание Российско-Кубинской обсерватории для астрономических исследований, Российско-Кубинская геодинимическая станция, Российско-Кубинская станция климатических испытаний материалов и элементов конструкций в условиях тропического климата Карибского бассейна, совместная Российско-Кубинская палеонтологическая экспедиция по всестороннему изучению эволюционной истории биологического разнообразия Кубы по палеонтологическим данным.

Первые работы по подготовке проекта совместной Российско-Кубинской астрономической обсерватории были начаты осенью 2017 г. [3]. От России в проекте участвовал Институт астрономии Российской академии наук, от Республики Куба — Институт геофизики и астрономии. На первом этапе были проведены работы по исследованию мест на территории Кубы для размещения обсерватории, проведены первые оценки астроклимата, сформирован предварительный архитектурный облик будущей обсерватории. На втором этапе, который начался в 2019 г., ИНАСАН и ИПА РАН сформировали окончательный состав научного и технического оборудования для создания обсерватории, была приобретена недостающая часть необходимого оборудования. Ограничения из-за пандемии на Кубе и в России внесли изменения в первоначальные планы по срокам реализации проекта. Отправка оборудования из России была задержана почти на год, а из-за карантинных ограничений в 2020 и 2021 г., российские специалисты долго не могли

попасть в г. Гавана, чтобы начать работы по созданию обсерватории. Но, несмотря на многие препятствия, проект создания первой совместной Российско-Кубинской обсерватории был успешно реализован в конце 2021 г.

2. РОССИЙСКО-КУБИНСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Создание распределенных наблюдательных сетей является актуальной задачей современной астрономии и астрофизики. Многие наблюдательные задачи требуют длительных непрерывных рядов наблюдений исследуемых объектов. Примерами таких задач могут служить обнаружение и сопровождение вновь открытых астероидов, фотометрические исследования переменных звезд, исследование оптических транзиентных событий — источников гамма-всплесков и нейтрино высоких энергий. Создание сети астрономических обсерваторий, расположенных в разных часовых поясах, на разных континентах позволяет решать такие наблюдательные задачи. ИНАСАН располагает обсерваториями, расположенными в Московской области, на Кавказе и в Крыму, но все эти обсерватории находятся в одном часовом поясе — UTC+3, примерно на одной долготе. Возможность проведения продолжительных наблюдений ограничено длительностью ночи. Размещение другой обсерватории на удалении по долготе в десятки градусов позволяет продлить интервал наблюдений на несколько часов. Например, когда в Москве заканчивается ночь (4–5 ч утра), в Гаване ночь только начинается (20–21 ч вечера). Разница во времени 8 ч между Центральной частью России и Кубой позволяет проводить непрерывные наблюдения длительностью 16 ч. На сегодняшний день Российско-Кубинская обсерватория — это первая обсерватория в распределенной сети оптических телескопов, создаваемых в ИНАСАН.

Обсерватория расположена на территории Института геофизики и астрономии Республики Куба в г. Гавана. Институт геофизики и астрономии предоставил всю инфраструктуру: здание, на котором был размещен астрономический купол (см. рис. 1), обеспечил подключение обсерватории к своим электрическим и информационным сетям. В октябре–ноябре 2021 г. сотрудники ИНАСАН, ИГА и ИПА совместными усилиями завершили строительство первой оптико-геодезической станции РКО.

Установка широкоугольной оптической системы в совместной обсерватории была закреплена в Соглашении о научно-техническом сотрудничестве между ИНАСАН и ИГА. В обсерватории планируется проводить совместные научные исследования по изучению активности звезд, поиску транзиентных событий, сопровождению вновь



Рис. 1. Общий вид Российско-Кубинской обсерватории.

открытых астероидов (follow-up наблюдений). Дополнительно кубинские партнеры планируют использовать обсерваторию как место обучения кубинских астрономов — аспирантов и молодых ученых. Наблюдательное время распределяется только между участниками проекта на паритетной основе. Данные, полученные на совместной Российско-Кубинской обсерватории, остаются только у участников проекта. Выполнение заявок по заказу сторонних организаций допускается, но работы могут проводиться по договорам о научно-техническом сотрудничестве между ИНАСАН или ИГА и сторонней организацией.

Описание оптической станции представлено в работах [4, 5]. Основной инструмент астрономической обсерватории — оптический комплекс, состоящий из 20-см широкоугольного телескопа *Officina Stellare Veloce RH-200* с ПЗС-камерой *FLI Proline 16803* на автоматизированной монтировке *10Micron GM1000 HPS* (см. рис. 2). Телескоп *Veloce RH-200* — это широкоугольный телескоп с фокусным расстоянием 600 мм, фокальным отношением $f/3$ и апертурой 220 мм. При использовании приемника излучения 36×36 мм поле зрения составляет $3.5^\circ \times 3.5^\circ$. Размер пикселя в такой оптической системе составляет $3.1''/с$. Телескоп оснащен колесом фильтров с комплектом фотометрических фильтров системы Джон-

сона-Кузинса (*UBVRI*). Экваториальная монтировка *10Micron GM1000 HPS* обеспечивает точное наведение телескопа на объект по заданным координатам и стабильное ведение. Телескоп установлен в куполе *Scopedome 3M* диаметром 3 м. Купол оснащен приводами для поворота по азимуту и открытия/закрытия створки купола. Управление астрономическими устройствами осуществляется через управляющий компьютер с использованием стандартного программного обеспечения, поставляемого в комплекте с устройствами. На обсерватории установлен метеокомплекс, состоящий из метеостанции (ИПА), датчика облачности и широкоугольной камеры для обзора всего неба (ИНАСАН), находящегося в совместном доступе. Метеокомплекс позволяет отслеживать состояние атмосферы и погодные условия в обсерватории. Наблюдения на телескопе можно проводить дистанционно в двух режимах — в автоматическом и ручном. В ручном режиме оператор телескопа сам с помощью специального программного обеспечения наводит телескоп на исследуемый объект, устанавливает длительности и количество экспозиций ПЗС-камеры. В автоматизированном режиме все процедуры по наблюдению исследуемого объекта проходят без оператора, сеанс наблюдений осуществляется под управлением специаль-



Рис. 2. Общий вид внутри купола и 20-см широкоугольный телескоп.

ного программного обеспечения, разработанного в ИНАСАН. В программу управления сеансом наблюдений загружается заранее сформированный план наблюдений одного или нескольких объектов, и в указанное время начинается сеанс наблюдений. Программа передает управляющие команды на монтировку, ПЗС-камеру и астрономический купол для выполнения плана наблюдений. Программа управления сеансом наблюдений постоянно получает данные с метеокомплекса, контролирует погодные условия и состояние атмосферы. Сеанс наблюдений прерывается в случае ухудшения погодных условий. В настоящее время в автоматическом режиме проводятся все сеансы наблюдений. Программа управления сеансом наблюдений позволяет получить калибровочные кадры (dark frame, bias frame) для под-

готовки изображений. Получение кадров плоского поля затруднительно, так как надо вручную выбирать площадки на небесной сфере, где присутствует минимальное количество звезд. Обработка полученных кадров и фотометрических исследований избранных объектов производится в программе MaximDL в ручном режиме на сервере хранения данных, расположенном на Кубе. Работы по автоматизации процесса обработки полученных кадров ведутся в настоящий момент.

3. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ОБСЕРВАТОРИИ

Первые научные данные Российско-Кубинская обсерватория получила в конце 2021 г. Наблюдения проводились с 8 декабря 2021 г. по 9 ян-

варя 2022 г. За это время было проведено $n = 21$ сеансов наблюдений. Доля ясного ночного времени составила более 60%. Специально оценка качества изображения звезд на кадре не проводилась, но во время сеанса наблюдений оценивалось качество изображения исследуемой звезды. Для избранной звезды с помощью фокусировки поддерживалось заданное значение FWHM от 3 до 5 пикселей. Критической зависимости качества изображения от температуры не выявлено. Гидирование в процессе наблюдений не используется, так как качество исполнения опорно-поворотного устройства позволяет проводить наблюдения без него.

Первыми объектами исследований были выбраны 2 звезды — V410 Tau и FR Sps. Они относятся к типу быстро вращающихся хромосферно активных звезд. Эти звезды обладают вращательной модуляцией блеска вследствие наличия холодных пятен на своей поверхности. Для каждой звезды кривые блеска были получены в нескольких фотометрических фильтрах.

По данным фотометрической переменности в фильтре V для каждой звезды были построены карты поверхностных температурных неоднородностей. Методика восстановления карты поверхностных температурных неоднородностей детально описана в работе [6]. Кривые блеска звезд были проанализированы с помощью программы iPH [6]. Программа позволяет решать обратную задачу восстановления температурных неоднородностей звезды по кривой блеска в двухтемпературном приближении, при котором задаются температуры невозмущенной фотосферы и пятен. Описание и тесты программы были представлены в работе [7]. В результате анализа данных, полученных для звезд V410 Tau и FR Sps, проведена оценка площади пятен на поверхности звезды.

3.1. Наблюдения и исследование звезды V410 Tau

V410 Tau является молодой, полностью конвективной звездой типа T Тельца (WTTS) с возрастом около 1 млн. лет, обладающей сложным по структуре магнитным полем [8, 9]. Звезда является предметом многочисленных исследований (см., напр., [10]). Расстояние до звезды составляет 129.4 ± 0.4 пк. V410 Tau принадлежит к одной из молодых областей звездообразования С2-L1495 в комплексе Тельца. Возраст звезды недавно был оценен с привлечением данных GAIA — 1.34 ± 0.19 млн. лет [11]. Эффективная температура звезды составляет 4500 К, логарифм ускорения силы тяжести 3.8. Масса и радиус звезды (в солнечных единицах) — $1.42 \pm 0.15 M_{\odot}$ и $3.40 \pm 0.5 R_{\odot}$ соответственно [9]. Используя методику восстановления поверхностных температурных неоднород-

ностей звезды по фотометрическим измерениям, в работе [12] было выполнено исследование эволюции пятен на поверхности звезды в течение 46 лет. Для звезды многократно проводилось доплеровское картирование поверхности, а в последние годы — земан-доплеровское картирование (см., напр., [10]).

Новые фотометрические наблюдения звезды V410 Tau были проведены на телескопе Officina Stellare Veloce RH-200 Российской-Кубинской обсерватории с 7 декабря 2021 г. по 4 января 2022 г. Все наблюдения проводились в автоматическом режиме по заранее заданному плану наблюдений без участия оператора. Регистрация излучения от звезды производилась на ПЗС-камеру FLI Proline 16803 в фотометрической системе Джонсона-Кузинса. Для достижения оптимального соотношения сигнал/шум время экспозиции выбиралось для каждого фильтра индивидуально: в фильтре B — 120 с, в фильтрах V , R , I — 90 с. Всего было получено по 400 оценок блеска в фотометрических фильтрах B , V и R в интервале HJD 245 9555.738–245 9588.673. Наблюдательные данные были обработаны по стандартным процедурам фотометрической редукиции. Фотометрия звезд осуществлялась дифференциальным методом. Как и в работе [10] в качестве звезды сравнения была использована звезда V1023 Tau ($B = 14.179^m$, $V = 12.641^m$, $R = 11.573^m$). Обработка кадров осуществлялась в программном пакете MaximDL. Точность фотометрических измерений оценивалась по достаточно большому набору данных, получаемых в течение сеанса наблюдений. В каждую ночь для исследуемого объекта получали более 100 измерений в каждом фильтре. Оценка точности фотометрии производилась по проверочной звезде (check-звезда). Так как подразумевается, что проверочная звезда не изменяет существенно свой блеск, то оценка изменения блеска проверочной звезды позволяет оценить точность проводимой фотометрии. Во всех сеансах наблюдений вариация блеска проверочной звезды в фильтрах V и R составила $\text{RMS } 0.012^m - 0.02^m$, в фильтре B — 0.05^m .

Для построения карты поверхностных температурных неоднородностей были использованы данные фотометрической переменности звезды в фильтре V . После построения фазовой диаграммы данные измерений были усреднены внутри фазовых интервалов $\Delta\phi = 0.05P$ (см. рис. 3).

На рис. 3 наши измерения сопоставлены с результатами, опубликованными в [10] (фотометрические наблюдения были выполнены в КРАО РАН в 2019 г.). Указанные наблюдения разделены по времени промежутком в два года. Обращают на себя внимание различия в форме кривых для

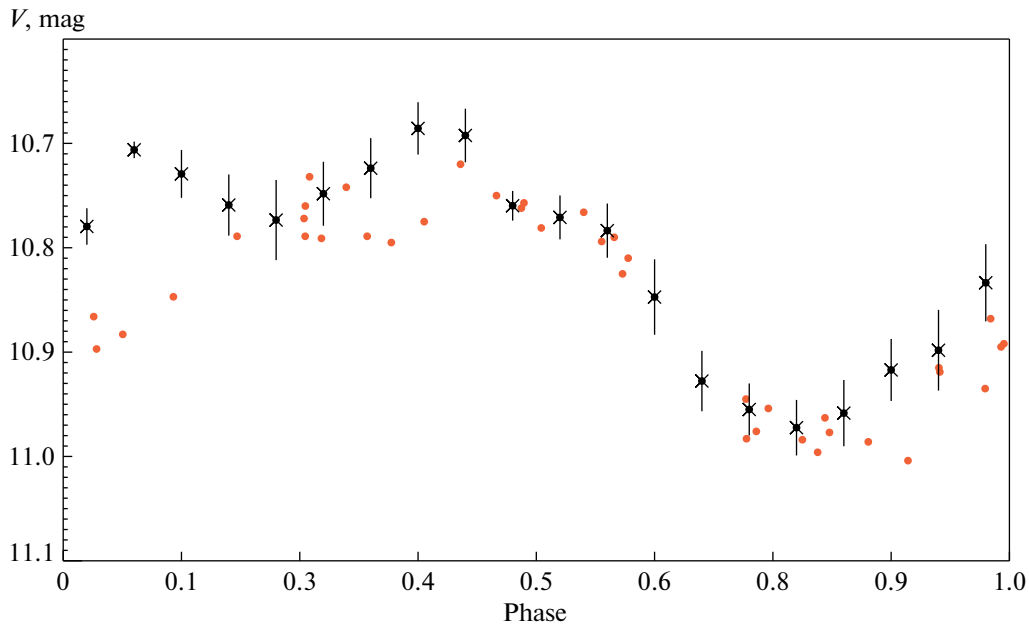


Рис. 3. Фазовая кривая изменений блеска V410 Тау в фильтре V . Темные символы с барами погрешностей — наши измерения, светлые точки — наблюдения 2019 г. [10].

интервала фаз 0.0–0.45 (положение второй активной области на поверхности звезды, см. ниже). Для фаз 0.5–0.85 кривые совпадают. Полученная нами кривая блеска (усредненная для 20 равноотстоящих фаз) была проанализирована с помощью программы iPH.

Для построения карты поверхностных температурных неоднородностей мы приняли, что температура фотосферы составляет 4500 К, а температура пятен 3750 К. Для расчетов были применены данные сетки моделей Куруца. При моделировании поверхность звезды была разделена на элементарные площадки размером $6^\circ \times 6^\circ$, для которых были определены факторы заполнения f , являющиеся неизвестными величинами нашего анализа. На рис. 4 представлены результаты восстановления температурных неоднородностей на поверхности V410 Тау для периода наблюдений HJD 245 9555.738–HJD 245 9604.750. По построенным картам мы определили долготы, соответствующие максимальным значениям f (более темные области на карте рис. 4). Отметим, что имеются концентрации пятен на двух долготах (одна из них с долготой 290° является ярко выраженной, положение второй, с долготой 80° , определяется с большей погрешностью). Более активная область обладает сложной структурой, возможно, она более вытянута в сторону меньшей по размеру области. Положение более активной области с долготой 290° совпадает с положением, полученным в [10] для холодного пятна в фазах 0.7–0.8.

Как указывалось выше, путем восстановления поверхностных температурных неоднородностей звезды по фотометрическим измерениям, в работе [12] изучена эволюция пятен на поверхности звезды в течение 46 лет и исследовано изменение положения доминирующей активной области. В ряде случаев была зарегистрирована вторая активная область (долгота), расположенная в положении, близком к противофазному относительно доминирующей области. Был выделен интервал времени стабильного положения активной области, в котором положение минимума блеска не претерпевало изменений в течение 4800 сут (около 13 лет [12]). Этот интервал закончился в конце 2002 г., затем последовало перемещение активных областей по поверхности звезды. Найденные нами положения активных областей соответствуют фазам 0.22 и 0.80 и находятся в согласии с данными более ранних исследований.

По оценкам, сделанным в работе [12], доля поверхности звезды V410 Тау, покрытая пятнами (параметр запятненности S), в среднем составляла 32%, и она менялась в пределах от 27 до 40% за указанный период наблюдений. Найденная нами величина S , соответствующая карте поверхности, представленной на рис. 4, равна 34%, и практически совпадает с ранее определенной средней величиной S .

3.2. Наблюдения и исследование звезды FR Cnc

Звезда FR Cnc (BD+161753 = MCC 527=1RXS J083230.9+154940) — одиночная, молодая и быст-

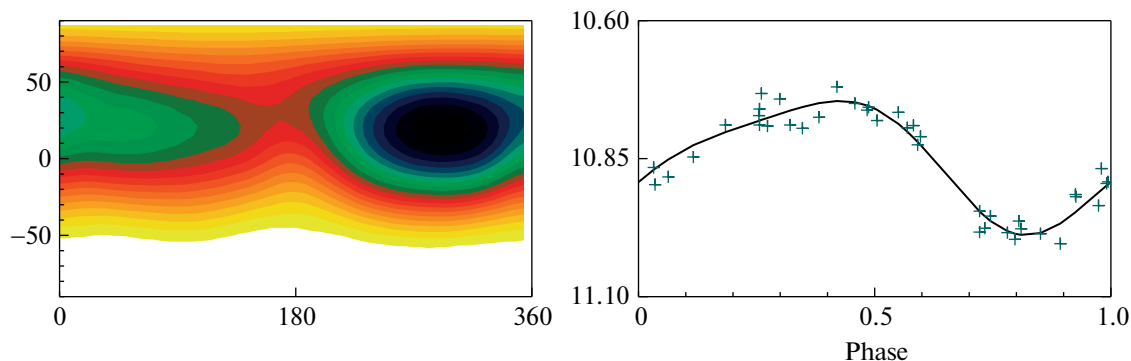


Рис. 4. Слева — результаты восстановления температурных неоднородностей на поверхности V410 Tau. Карты поверхности представлены в единой шкале, более темные области соответствуют более высоким значениям факторов заполнения f . По оси абсцисс — долгота и широта в градусах. Справа — наблюдения (крестики) и теоретические кривые блеска, построенные по восстановленной модели (сплошная линия).

ро вращающаяся звезда. Яркость объекта составляет $V = 10.41^m$, спектральный класс K7V. В работах [13, 14] были проведены фотометрические и спектральные исследования FR Спс, и показано, что период вращения звезды составляет $0.8267 \pm \pm 0.0004$ сут. Фотометрическая кривая блеска существенно меняет свою форму и по фазе, и по амплитуде, что свидетельствует об эволюции пятен на поверхности звезды. В спектре FR Спс наблюдаются сильные и переменные по величине линии водорода и ионизированного кальция, что указывает на хромосферную активность звезды. В работах [15, 16] представлены результаты анализа вспышечной активности звезды.

В работе [17] были представлены результаты подробного исследования синхронных рентгеновских и оптических наблюдений FR Спс. Было установлено, что рентгеновские спектры объясняются двухтемпературной моделью плазмы с температурой холодной и горячей компонентом 0.34 и 1.1 кэВ соответственно. Рентгеновская кривая блеска в диапазоне энергий 0.5–2.0 кэВ оказывается вращательно-модулированной с амплитудой модуляции 17%. Также установлено, что кривая рентгеновского излучения антикоррелирует с оптическими кривыми блеска и цвета в том смысле, что максимум рентгеновского излучения соответствует минимуму оптического излучения и более холодной области на поверхности FR Спс. Найдено, что рентгеновская светимость FR Спс за последние 30 лет почти не меняется и характеризуется средним значением 4.85×10^{29} эрг/с в диапазоне энергий 0.5–2.0 кэВ.

Новые фотометрические исследования FR Спс были проведены в период с 17 декабря 2021 г. по 3 января 2022 г. во второй половине ночи, во время оптимальных условий видимости звезды. Данная работа является продолжением работ по долговременному мониторингу звезды FR Спс,

проводимом коллективом авторов с 2019 г. [16, 17].

Наблюдения проводились в автоматическом режиме по заданному плану без участия оператора. Время экспозиции было выбрано для каждого фильтра индивидуально: в фильтре B — 90 с, в фильтрах V и R — 60 с. Всего было получено по 200 оценок блеска в каждом фотометрическом фильтре. Наблюдательные данные были обработаны по стандартным процедурам фотометрической редукции. Фотометрия звезд осуществлялась дифференциальным методом. В качестве звезды сравнения была использована звезда BD+16 1751 ($B = 10.22^m$, $V = 9.51^m$, $R = 8.72^m$). Точность единичного измерения RMS составила 0.01^m – 0.012^m в трех фильтрах. Вспышек в ходе наблюдений зарегистрировано не было.

Для построения карты поверхностных температурных неоднородностей были использованы данные фотометрической переменности звезды в фильтре V . После построения фазовой диаграммы данные измерений были усреднены для фазовых интервалов $\Delta\phi = 0.05P$ (см. рис. 5). При сравнении с результатами наших предыдущих наблюдений, приведенных в работе [16], можно заключить, что вид кривой блеска претерпел изменения — практически исчез минимум блеска, соответствующий фазе 0.65.

Методика восстановления карты поверхностных температурных неоднородностей была детально описана нами выше. Как и в [18], мы приняли, что температура фотосферы FR Спс составляет $T_{\text{eff}} = 4250$ К, а температура пятен — 3000 К. Блеск звезды в фильтре V , в предположении об отсутствии пятен на ее поверхности, был принят равным 10.3^m . Согласно [18], угол наклона оси вращения звезды к лучу зрения составляет 55° . На

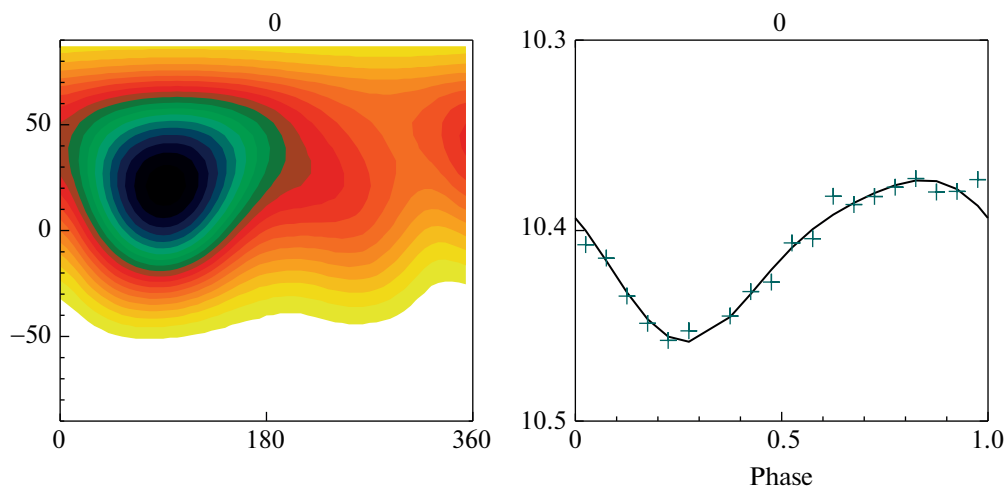


Рис. 5. Слева — результаты восстановления температурных неоднородностей на поверхности FR Спс. Карты поверхности представлены в единой шкале, более темные области соответствуют более высоким значениям факторов заполнения f . По оси абсцисс и ординат — долгота и широта в градусах. Справа — наблюдения (крестики) и теоретические кривые блеска, построенные по восстановленной модели (сплошная линия).

рис. 5 представлены результаты восстановления температурных неоднородностей на поверхности FR Спс для наблюдений в конце 2021 г. Как отмечалось ранее в работах [16, 18], для FR Спс наблюдается концентрация пятен на двух долготах (одна из них выражена сильнее), возможно соединенных перемычкой, которая, в том числе, хорошо просматривается на доплеровских картах, построенных по спектральным наблюдениям в 2004 г. Карта поверхности, построенная по наблюдениям 2021 г., указывает на сильное ослабление (практически исчезновение) меньшего по площади пятна. По оценке, приведенной в работе [16], площадь пятен на поверхности звезды в начале 2019 г. составила порядка 12% от полной площади ее поверхности. В 2021 г. площадь запятненной поверхности звезды уменьшилась до 8%. Для сравнения, согласно данным [18], по результатам доплеровского картирования запятненность FR Спс в 2004 г. составила 6%.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе совместной работы, проведенной Институтом геофизики и астрономии Республики Куба и Институтом астрономии Российской академии наук, и при активной поддержке Министерства науки, технологий и окружающей среды Республики Куба и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, создана совместная Российско-Кубинская астрономическая обсерватория на территории Кубы.

В обсерватории проведены первые оптические наблюдения и исследования космических объектов — хромосферно активных звезд V410 Тау и FR Спс. В результате наблюдений в декабре 2021 г.

и январе 2022 г. получены кривые изменения блеска звезд в фотометрических фильтрах B , V , R . Отметим, что преимущественно плохая погода за указанный период времени препятствовала наблюдению этих объектов в российских обсерваториях ИНАСАН, и наблюдения на Российско-Кубинской обсерватории прекрасно восполнили этот пробел. По данным фотометрической переменности звезд V410 Тау и FR Спс в фильтре V построены карты поверхностных температурных неоднородностей. По нашей оценке, площадь пятен на звезде V410 Тау составляет 32% от полной площади ее поверхности, на звезде FR Спс — 8% от полной площади ее поверхности.

Создание Российско-Кубинской обсерватории является новым этапом научного сотрудничества между Россией и Кубой. В перспективе Российско-Кубинская обсерватория станет новым центром для обучения и подготовки кубинских астрономов и технических специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *H. Molinet*, *Cuba* **12**, 18 (1980).
2. *A. P. Kulish*, *News Main Astron. Observ. Pulkovo* **219** (2), 56 (2009).
3. *D. V. Bisikalo, I. S. Savanov, S. A. Naroenkov, M. A. Nalivkin, et al.*, *Astron. Rep.* **62** (6), 367 (2018).
4. *D. V. Bisikalo, M. E. Sachkov, M. A. Ibrahimov, I. S. Savanov, et al.*, *Astron. Rep.* **66** (1), 43 (2022).
5. *M. Ibrahimov, D. Bisikalo, A. Fateeva, R. Mata, and O. Pons*, *Contrib. Astron. Observ. Skalnaté Pleso* **51** (3), 280 (2021).
6. *I. S. Savanov, S. A. Naroenkov, M. A. Nalivkin, V. B. Puzin, and E. S. Dmiitrienko*, *Astrophys. Bull.* **73** (3), 344 (2018).

7. *I. S. Savanov and K. G. Strassmeier*, *Astron. Nachricht.* **329** (4), 364 (2008).
8. *M. B. Skelly, J. F. Donati, J. Bouvier, K. N. Grankin, Y. C. Unruh, S. A. Artemenko, and P. Petrov*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **403** (1), 159 (2010).
9. *L. Yu, J. F. Donati, K. Grankin, A. Collier Cameron, C. Moutou, G. Hussain, C. Baruteau, and L. Jouve*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **489** (4), 5556 (2019).
10. *B. Finocietty, J. F. Donati, B. Klein, B. Zaire, et al.*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **508** (3), 3427 (2021).
11. *D. M. Krolkowski, A. L. Kraus, and A. C. Rizzuto*, *Astron. J.* **162** (3), id. 110 (2021).
12. *I. S. Savanov*, *Astron. Rep.* **56** (9), 722 (2012).
13. *J. C. Pandey, K. P. Singh, S. A. Drake, and R. Sagar*, *Astron. J.* **130** (3), 1231 (2005).
14. *J. C. Pandey, K. P. Singh, R. Sagar, and S. A. Drake*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 5351, 1 (2002).
15. *A. Golovin, E. Pavlenko, Y. Kuznyetsova, and V. Krushevska*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 5748, 1 (2007).
16. *I. S. Savanov, S. A. Naroenkov, M. A. Nalivkin, J. C. Pandey, and S. Karmakar*, *Astron. Letters* **45** (9), 602 (2019).
17. *J. C. Pandey, G. Singh, S. Karmakar, A. Joshi, I. S. Savanov, S. A. Naroenkov, and M. A. Nalivkin*, *J. Astrophys. and Astron.* **42** (2), 65 (2021).
18. *Golovin, M. C. Gálvez-Ortiz, M. Hernán-Obispo, M. Andreev, et al.*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **421** (1), 132 (2012).