

УДК 52-563

Наблюдение звезд с экзопланетами в КрАО

В.В. Москвин¹, А.А. Шляпников¹, Jiang Ing-Guey², М.А. Горбачев³

¹ ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН”, Научный, Крым, 298409
mvs@craocrimea.ru

² Institute of Astronomy, National Tsing-Hua University, Taiwan
jiang@phys.nthu.edu.tw

³ ФГАОУ ВО “Казанский (Приволжский) федеральный университет”
mark-gorbachev@rambler.ru

Поступила в редакцию 13 ноября 2017 г.

Аннотация. Представлены наблюдения звезд, у которых были обнаружены изменения блеска, связанные с прохождением экзопланет. Описана работа, проводимая с декабря 2016 года в ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН” (КрАО), после заключения договора о совместных исследованиях с Институтом астрономии Национального университета Цинь Хуа (Тайвань). В список объектов для наблюдений были включены красные карлики с активностью солнечного типа из каталога GTSh-10 с целью поиска возможных вспышек, связанных с наблюдаемым прохождением экзопланеты на фоне звезды. Приводятся данные по наблюдаемым объектам, а также число наблюдений прохождения экзопланет на момент подачи статьи в печать. Наблюдения выполнялись на телескопе МТМ-500 КрАО. Большая часть наблюдений выполнена в цветовой полосе, близкой к стандартной R_c . При обработке данных использовалась оригинальная методика, позволившая производить анализ транзитного явления с точностью $\sim 0^m.005$. Основная информация, полученная при реализации проекта, размещена на специально созданном сайте обсерватории.

OBSERVATIONS OF STARS WITH EXOPLANETS AT CRAO, *by V.V. Moskvina, A.A. Shlyapnikov, Jiang Ing-Guey, M.A. Gorbachev.* We present observations of stars with light curve variations associated with the transit of exoplanets. The paper describes the work which has been carried out since December 2016 at the Crimean Astrophysical Observatory RAS (CrAO) after concluding a cooperation agreement on joint research with the Institute of Astronomy at National Tsing Hua University (Taiwan). The list of objects for observations includes red dwarfs with solar activity from the GTSh-10 catalogue to search for possible flares associated with the observed transit of the exoplanet in front of the star. We report data on the observed objects, as well as the number of observations of the transit of exoplanets at the time of submitting the article. Observations were carried out with the CrAO MTM-500 telescope. Most of the observations were performed in the color band close to the standard R_c . While processing data, an original technique was used, which made it possible to analyze the transit phenomenon with an accuracy of $\sim 0^m.005$. The main information obtained during the project implementation is posted on a specially created website of the observatory.

Ключевые слова: звезды, экзопланеты, транзитные явления

1 Введение

Изучение звезд с потенциальными экзопланетами проводятся в КрАО с середины 2000-х годов. В 2009 и 2012 годах (Хан и др., 2010; Ли и др., 2012) наши сотрудники участвовали в работах, в рамках которых были обнаружены неизвестные ранее экзопланеты. В 2010 году был заключен договор с Институтом астрономии Национального университета Цинь Хуа (Тайвань) о совместных исследованиях. По этому договору проводились наблюдения звезд с экзопланетами (Янг и др., 2016). В 2016 году в рамках работы по изучению молодых звезд типа Т Тельца была обнаружена неизвестная ранее экзопланета (Алмеида и др., 2017).

В декабре 2016 года КрАО заключила новый договор о совместных исследованиях с Институтом астрономии Национального университета Цинь Хуа (Тайвань). В рамках этого договора производятся наблюдения звезд, у которых обнаружены изменения блеска, связанные с прохождением экзопланет. В наблюдательную программу включены красные карлики с активностью солнечного типа из каталога GTSh-10 (Гершберг и др., 2011) с целью поиска возможных вспышек во время наблюдения транзитных явлений.

На момент подачи данных в журнал наш список включает 13 объектов, для 8 из которых были проведены наблюдения. Параметры этих объектов представлены в табл. 1 (Поддани и др., 2010; Венгер и др., 2000). В таблице находятся параметры звезды и ее экзопланеты. Для звезд указаны название, спектральный класс и звездная величина в фильтре V. Для экзопланет показаны ее буквенное обозначение – литера, период обращения вокруг звезды, момент середины транзита – эпоха, длительность транзита и амплитуда изменения блеска звезды при затмении экзопланетой.

2 Получение и обработка данных

Таблица 1. Характеристики наблюдаемых объектов

Звезда			Экзопланета				
Название	Спектр. класс	V (mag)	Литера	Период (d)	Эпоха (245. . .)	Длит. (min)	Ампл. (mag)
CoRoT-2	G7V+K9V	12.57	b	1.7429935	4237.5356	136.8	0.0322
GJ 436	M3V	10.68	b	2.643901	4222.6157	62	0.009
НАТ-P-12	K5	12.8	b	3.2130598	4419.1956	140.3	0.0204
НАТ-P-36	GV	12.262	b	1.327347	7840.254	132.9	0.0204
НАТ-P-37	GV	13.23	b	2.797436	7840.928	139.8	0.0204
HD 189733	K0V+M4V	7.67	b	2.2185733	3988.8034	109.6	0.0282
Qatar-1	KV	12.84	b	1.4200246	5518.4102	96.7	0.0204
WASP-12	G0V	11.69	b	1.0914222	7773.4194	180.06	0.0151

Таблица 2. Число наблюдений

Объект	+	-	Всего
CoRoT-2	1	2	3
GJ 436	6	0	6
НАТ-P-12	1	0	1
НАТ-P-36	3	1	4
НАТ-P-37	1	1	2
HD 189733	1	1	2
Qatar-1	2	0	2
WASP-12	3	0	3
Всего	18	5	23

Наблюдения экзопланет проводятся в КрАО на 50-сантиметровом менисковом телескопе системы Максудова (MTM-500). Большая часть наблюдений выполнена в цветовой полосе, близкой к стандартной R_c . На момент подачи статьи в журнал проведено 26 наблюдательных сета, в 21 из них получены кривые блеска. Данные размещены на специально созданном сайте¹.

Построение кривых блеска объектов производилось по их фотометрическим оценкам блеска на каждом изображении. Оценка делалась методом апертурной фотометрии. Апертура выбирается таким образом, чтобы наиболее точно оценить блеск звезды и при этом минимизировать влияние соседних объектов.

Обработка данных проводилась независимо в программах Maxim DL (Георг, 2000) и SExtractor (Бертин и Арноутс, 1996). При использовании SExtractor (Москвин, Шляпников, 2017) применялась

¹ http://craocrimea.ru/~mvv/mtm-500_exoplanets.html

оригинальная методика поиска звезд сравнения (Шляпников, 2017). SExtractor производит фотометрическую оценку блеска у всех объектов в поле кадра. После анализа всех изображений мы получаем ряды звездных величин. Выбираются 10 звезд с минимальными ошибками. Две звезды, у которых ряды звездных величин имеют наибольший коэффициент парной корреляции, используются как звезды сравнения. Считаем, что их синхронное изменение блеска вызвано искажениями, появляющимися в процессе наблюдений.

3 Результаты

Получены серии изображений исследуемых объектов. Построены кривые блеска, на которых запечатлены изменения, связанные с прохождением экзопланет. В таблице 2 указано число проведенных наблюдений для каждой из звезд. В колонке “+” – число наблюдений, в которых получены кривые блеска с переменностью, связанной с прохождением экзопланеты. В колонке “-” – число наблюдений, в которых не удалось обнаружить соответствующие изменения.

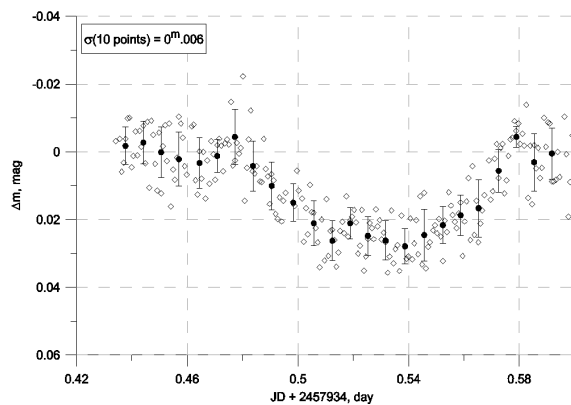


Рис. 1. Кривая блеска CoRoT-2

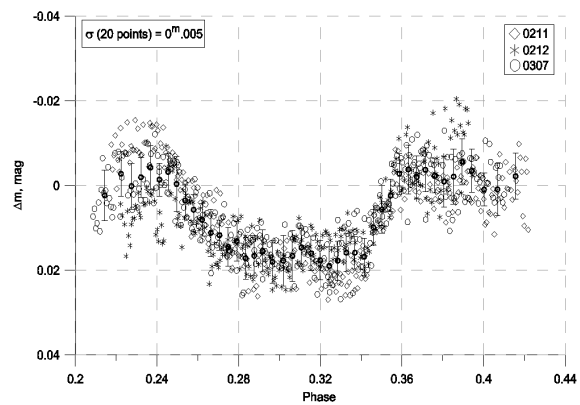


Рис. 2. Кривая блеска NAT-P-36. Символами указаны месяц и день наблюдения в 2017 году

На рис. 1–2 приведены примеры получаемых кривых блеска. По оси X отложена юлианская дата или фаза. По оси Y – изменение звездной величины объекта. На графиках указана средняя ошибка (σ) в определении звездной величины, которая рассчитывалась по ближайшим точкам.

Литература

- Алмеида и др. (Almeida P.V., Gameiro J.F., Petrov P.P., et al.) // *Astron. Astrophys.* 2017. V. 600. P. A84.
- Бертин и Арноутс (Bertin E., Arnouts S.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1996. V. 317. P. 393.
- Венгер и др. (Wenger M., Ochsenbein F., Egret D., et al.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 2000. V. 143. P. 9.
- Георг (George D.) // “Big Bear” – Photometry and CCD Symposium. I.A.P.P.P. communication. 2000. N. 79. P. 2.
- Гершберг Р.Е. и др. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 2011. Т. 107. № 1. С. 18.
- Ли и др. (Lee V.-C., Han I., Park M.-G., Mkrtychian D.E., Kim K.-M.) // *Astron. Astrophys.* 2012. V. 546. P. A5.
- Москвин В.В., Шляпников А.А. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 2017. Т. 113. № 1. С. 83.

- Поддани и др. (Poddaný S., Brát L., Pejcha O.) // *New Astronomy*. 2010. V. 15. Issue 3. P. 297.
- Хан и др. (Han I., Lee B.C., Kim K.M., et al.) // *Astron. Astrophys.* 2010. V. 509. P. A24.
- Шляпников А.А. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 2017. Т. 113. № 1. С. 88.
- Янг и др. (Jiang I.-G., Lai C.-Y., Savushkin A., Mkrтчian D., Antonyuk K., et al.) // *Astron. J.* 2016. V. 151. N. 1. P. 17.