

**ДВА КАНДИДАТА В ТРАНЗИТНЫЕ ЭКЗОПЛАНЕТЫ,
ОТКРЫТЫЕ В РАМКАХ ПРОЕКТА МАСТЕР**

¹К.И. Иванов, ²А.Ю. Бурданов, ²А.А. Попов, ²В.В. Крушинский

TWO CANDIDATES FOR TRANSITING EXOPLANETS FOUND FROM THE MASTER PROJECT

¹K.I. Ivanov, ²A.Yu. Burdanov, ²A.A. Popov, ²V.V. Krushinsky

Представлены результаты наблюдений двух кандидатов в транзитные экзопланеты, открытые в созвездии Лебедя в ходе фотометрического обзора неба, выполненного в Коуровской астрономической обсерватории Уральского Федерального университета в 2012 г. Кандидат MASTER-1b (родительская звезда 2MASS 20260213+5006032, $R=12^m.4$) имеет период 0.847 сут, падение блеска $0^m.015$ и продолжительность транзита 1.6 ч. Кандидат MASTER-2b (родительская звезда 2MASS 20341625+5015427, $R=13^m.8$) с периодом 0.983 сут имеет падение блеска $0^m.017$ и продолжительность транзита 1.7 ч. Наблюдаемые эффекты, предположительно, вызваны экзопланетами типа «горячий юпитер». Последующие наблюдения, проведенные с помощью телескопов МАСТЕР-II-Урал и МАСТЕР-II-Тунка, позволили более точно оценить характеристики систем, однако для выяснения истинной природы объектов необходимы дальнейшие фотометрические и спектроскопические исследования.

We present results of two candidates for transit exoplanets in Cygnus discovered during a photometric survey performed at the Kourovka Astronomical Observatory of Ural Federal University in 2012. The MASTER-1b candidate (the host star 2MASS 20260213+5006032, $R=12^m.4$) has a period of 0.847 days, transit depth of $0^m.015$, and transit duration of 1.6 h. The MASTER-2b candidate (the host star 2MASS 20341625+5015427, $R=13^m.8$) has a period of 0.983 days, transit depth of $0^m.017$, and transit duration of 1.7 h. We believe that these transit-like signals might be caused by hot jupiters. Follow-up observations from MASTER-II-Ural and MASTER-II-Tunka telescopes allowed us to estimate characteristics of systems more precisely, however photometric and spectroscopic observations are needed to clarify the nature of candidates.

Обнаружение кандидатов в экзопланетные системы

В период с мая по август 2012 г. на базе Коуровской астрономической обсерватории Уральского федерального университета с целью поиска неизвестных экзопланетных систем проведен обзор богатого звездами участка небесной сферы в созвездии Лебедя. Площадь наблюдаемой области составила 2×2 , координаты центра: RA= $20^h30^m00^s$, Dec= $+50^\circ30'00''$ (2000).

Для наблюдений использовался телескоп МАСТЕР-II-Урал, входящий в состав проекта МАСТЕР [Lipunov et al., 2010] и представляющий собой систему из двух катадиоптрических труб системы Гамильтона диаметром 400 мм и с фокусным расстоянием 1000 мм. Они установлены на одной экваториальной монтировке и оснащены набором абсорбционных светофильтров, соответствующих системе Джонсона-Козинса, механизмом автофокусировки и ПЗС-приемниками Arogee Alta U16 с разрешением 4096×4096 пикселей, обеспечивающими масштаб изображения $1.85''/\text{пикс}$.

В ходе последующей обработки было проанализировано более 20 000 звезд, среди которых обнаружены два объекта, показывающие переменность, присущую транзитным экзопланетным системам. В соответствии с общепринятой номенклатурой, объектам предварительно были присвоены наименования MASTER-1b и MASTER-2b. Фазовые кривые, полученные по данным обзора, представлены на рис. 1. Методика получения и обработки данных более подробно изложена в работе [Burdanov et al., 2013].

Наблюдения MASTER-1b и MASTER-2b

Для более подробного изучения обнаруженных объектов был проведен ряд дополнительных наблюдений. На рис. 2 приведены кривые блеска MASTER-1b в стадии транзита, полученные с помощью телескопа МАСТЕР-II-Тунка, расположенного в Тункин-

ской долине (Республика Бурятия) вблизи поселка Торы 12.07.2013 (верхняя панель), 19.08.2013 (средняя панель) и 22.08.2013 (нижняя панель), полученные с помощью телескопа МАСТЕР-II-Урал. Основная обработка данных выполнена с помощью программных пакетов IRAF [Tody, 1993] и Astrometry.net [Lang et al., 2010], после чего с целью увеличения фотометрической точности применена программа AstroKit, разработанная авторами.

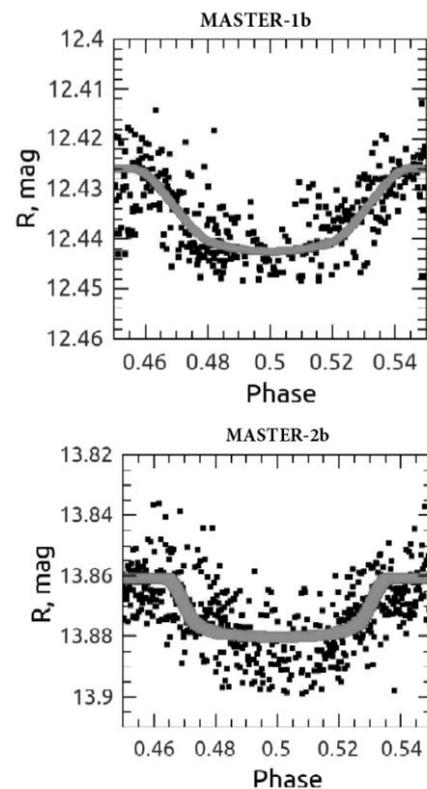


Рис. 1. Фазовые кривые MASTER-1b и MASTER-2b в фильтре R.

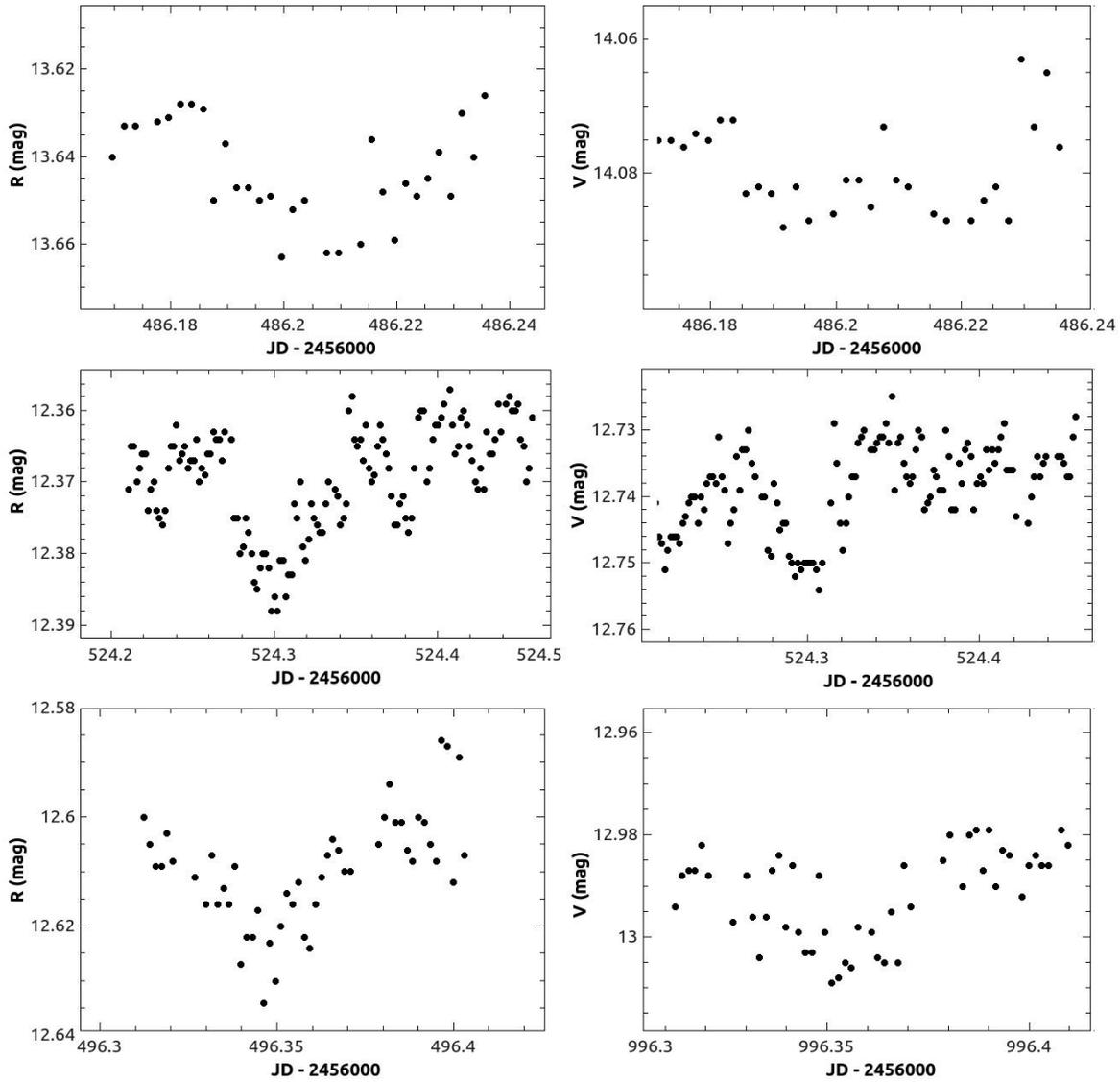


Рис. 2. Кривые блеска транзита MASTER-1b в фильтрах R и V.

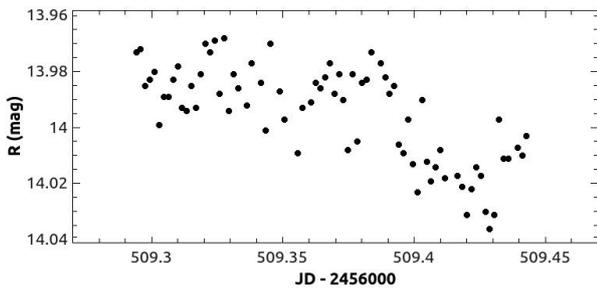


Рис. 3. Кривая блеска первой половины транзита MASTER-2b 04.08.2013 в фильтре R.

Наблюдения 12.07.2012 выполнялись в безлунную ночь в условиях легкого тумана. На рис. 2 в обоих фильтрах отчетливо виден «провал» глубиной $0^m.02$, соответствующий середине транзита затмеваемого тела по диску центральной звезды. Ошибка измерений в смысле стандартного отклонения изучаемого объекта вне фазы транзита составила $0^m.004$ и $0^m.005$ для фильтров R и V соответственно. В фильтре V просматривается «горб» в центре транзита, возможно, представляющий собой тонкий эффект, имею-

щий физическую природу. На момент наблюдений начало транзита смещено на 20 мин относительно предсказанного времени, в связи с чем проведен перерасчет периода обращения затмеваемого тела. С учетом полученных данных начальный период MASTER-1b, равный $0^d.846822$, был пересчитан и составил $0^d.846764$. Данное значение подтверждено последующими наблюдениями и в настоящий момент является наиболее точным.

Данные, полученные 19.08.2013 и 22.08.2013, также демонстрируют наличие транзита с глубиной затмения около $0^m.02$. Разброс данных от 19 августа обусловлен, скорее всего, состоянием атмосферы, в то время как кривая от 22 августа, полученная в фильтре R, содержит «ступеньку» в момент окончания транзита – возможно, тонкий эффект, вызванный наличием пятен в фотосфере центральной звезды или особенностями затмеваемого тела. Кривая в фильтре V демонстрирует незначительный минимум, следующий сразу за основным, предположительно, являющийся следствием инструментальной ошибки или влияния флуктуаций атмосферы.

Ввиду неудовлетворительных погодных условий на сегодняшний день удалось провести лишь одно неполное наблюдение транзита MASTER-2b. Тем не менее полученные данные позволили уточнить период: начальное значение $0^d.983316$ исправлено и в данный момент составляет $0^d.983430$. Кривая блеска транзита, полученная 04.08.2013 с помощью телескопа МАСТЕР-II-Урал, представлена на рис. 3.

Выводы

В результате фотометрического обзора неба, проведенного в 2012 г. с помощью телескопа МАСТЕР-II-Урал, обнаружены два объекта, демонстрирующие поведение, свойственное транзитным экзопланетным системам с крупным горячим юпитером на низкой орбите. Несмотря на то, что найденные объекты активно изучаются, в настоящий момент невозможно что-либо точно сказать о природе затмевающих тел. Природа родительских звезд также выясняется, проведены спектроскопические наблюдения обоих кандидатов с целью уточнения их спектральных классов и характера движения. Результаты этих наблюдений будут рассмотрены в последующих публикациях. С целью получения более четкой картины транзитов в будущем планируется также проведение прецизионных фотометрических наблюдений с использованием крупных телескопов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Burdanov A.Y., Popov A.A., Krushinsky V.V., Ivanov K. Two transiting exoplanet candidates in cygnus from the MASTER Project // *Variable Stars*. 2013. V. 33, N 2.

Lang D., Hogg D.W., Mierle K., et al. Astrometry.net: Blind astrometric calibration of arbitrary astronomical images // *Astron. J.* 2010. V. 139, Iss. 5. P. 1782–1800.

Lipunov V., Kornilov V., Gorbovskey E., et. al. MASTER Robotic Net // *Adv. in Astronomy*. 2010. V. 2010. article id. 349171.

Tody D. IRAF in the nineties // *Astronomical Data Analysis Software and Systems // A.S.P. Conference Ser. V. 52 / Eds. R.J. Hanisch, Brissenden R.J.V., Barnes J.* 1993. P. 173.

¹*Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета, Иркутск, Россия*

²*Коуровская астрономическая обсерватория Уральского федерального университета, Екатеринбург, Россия*