



**Наблюдение явлений транзита  
внесолнечных планет на  
автоматизированном  
телескопе ЗА-320М ГАО РАН**

**2012 год**

**Цель нашей работы:** изучение экзопланет транзитным способом.

**Задачи исследования:**

- - определить пути исследования экзопланет.
- - разобрать подробности и наиболее важные моменты в исследовании.

# Открытие экзопланет

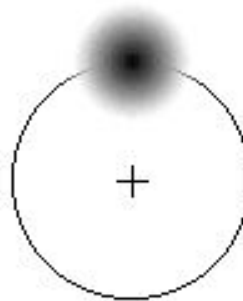
5

## МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭКЗОПЛАНЕТ

До недавнего времени самым распространенным был метод лучевых скоростей. Сегодня ученые ак...

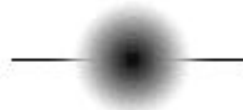
### Observation of Stellar Motions Due to Presence of Extra-Solar Planet

Orbit of Star Around System's Center of Mass (Viewed from above)

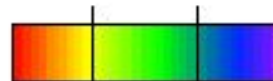


Earth  
↓ ↓ ↓

Astrometric Displacement (Detects movement across line of sight)



Doppler Shift (Detects movement along line of sight)



ЗВЕЗДА

ПЛАНЕТА

НАБЛЮДАТЕЛЬ

1 ФОТОМЕТРИЯ (ЗАТМЕННЫЙ МЕТОД)

4 МИКРОЛИНЗИРОВАНИЕ

НАБЛЮДАТЕЛЬ

ОРБИТА ПЛАНЕТЫ

ль

ТРИЯ

НАБЛЮДАТЕЛЬ

ПЛАНЕТА

# Первые открытия экзопланет

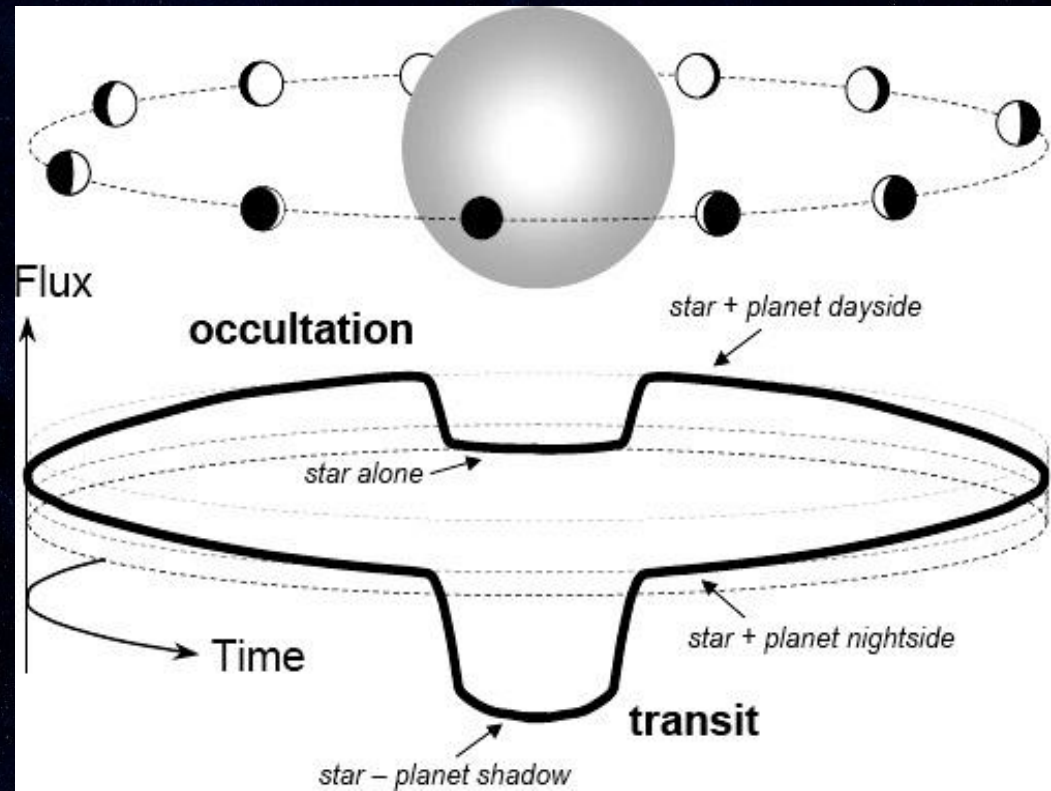
1. 1.7 M<sub>Jup</sub> планета у звезды  $\gamma$  Cep (в последствии подтверждённая) (Campbell et al., 1988)
2. 11 M<sub>Jup</sub> планета у звезды HD 114762 (в последствии подтверждённая) (Latham et al., 1989)
3. В начале 1992 года радиоастрономы Aleksander Wolszczan и Dale Frail представили миру открытие планеты, вращающейся вокруг пульсара PSR 1257+12 (Wolszczan & Frail, 1992)
4. В середине 1995 года Michel Mayor и Didier Queloz методом лучевых скоростей обнаружили планету 0.47 M<sub>Jup</sub> с периодом P = 4.2d у звезды 51 Peg (Mayor & Queloz, 1995).

Метод	Число планет	Число планетных систем
Лучевых скоростей	648	531
Транзитный	185	172
Гравитационного микролинзирования	13	12
Прямое изображение	29	26
Метод задержки	12	8

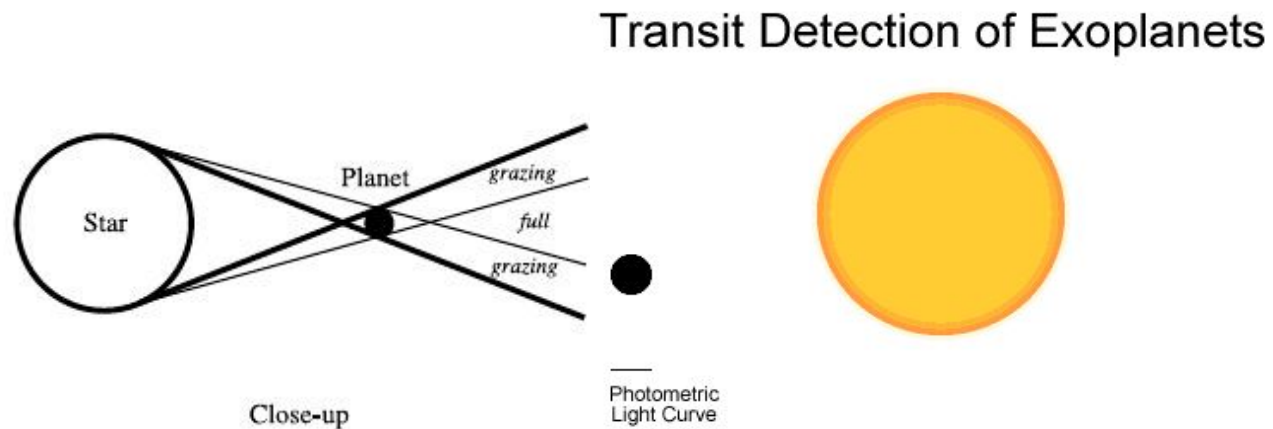
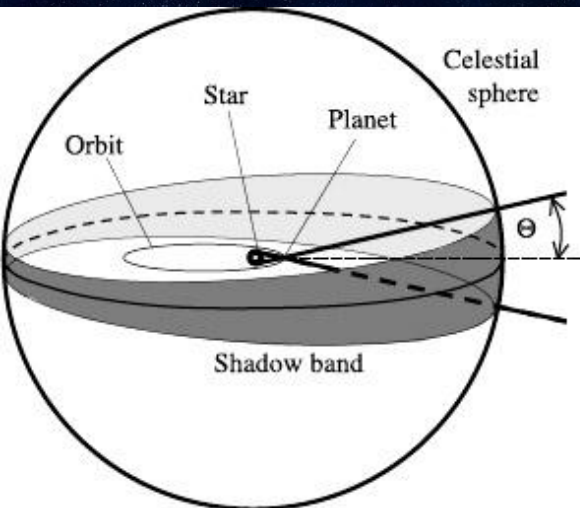


# Транзитный метод наблюдений экзопланет

Суть метода – планета проходит по диску звезды и общий блеск системы «звезда-планета» падает.



*Michael Perryman, "The EXOPLANET Handbook", Cambridge, 2011*



# Проекты, направленные на обнаружение и изучение экзопланет

- COROT (ЕКА) — космический телескоп, поиск экзопланет транзитным методом
- Kepler (NASA) — космический телескоп, поиск экзопланет земного типа транзитным методом
- SuperWASP (Канарские острова) — два наземных телескопа (Канары и Южная Африка), поиск экзопланет транзитным методом
- HATNet Project (Венгрия) — сеть наземных телескопов, поиск экзопланет транзитным методом
- TrES (Канарские острова) — четыре телескопа, поиск экзопланет транзитным методом
- XO (США) — наземный телескоп, поиск экзопланет транзитным методом
- OGLE (Польша) — наземный телескоп для поиска экзопланет методом гравитационного микролинзирования
- MACHO/MOA (Новая Зеландия и Япония) — наземный телескоп для поиска экзопланет методом микролинзирования (также и свободных планет).

# Космический телескоп «Kepler»

Телескоп Кеплер был запущен 6 марта 2009 года.

Основные цели миссии:

- Научная цель телескопа Кеплер состоит в том, чтобы исследовать структуру и разнообразие планетных систем. Для этого, рассматривая множество звезд, необходимо достичь нескольких целей:
- Определить, сколько планет, подобных Земле, и больших планет находится возле пригодной для жизни зоны (для всех спектральных типов звёзд).
- Вычислить диапазон размеров и форм орбит этих планет.
- Оценить количество планет, находящихся в мультизвёздных системах.
- Определить диапазон размеров орбиты, яркости, диаметра, массы и плотности короткопериодических планет-гигантов.
- Обнаружить дополнительных членов в каждой найденной планетарной системы, используя другие методики.
- Изучить свойства тех звёзд, у которых обнаружены планетарные системы.
- Предполагалось, что в ближайшие 2 года Кеплер обнаружит примерно 50 планет похожих на Землю по своему химическому составу.

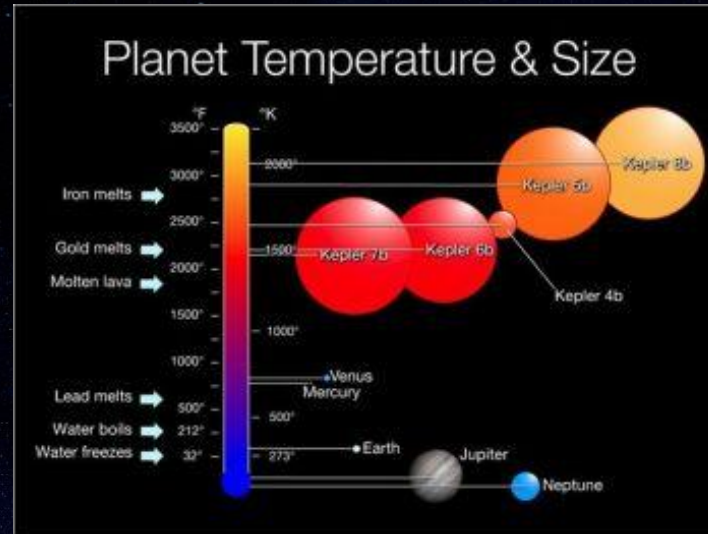
**Экзопланеты:**  
в поисках второй земли



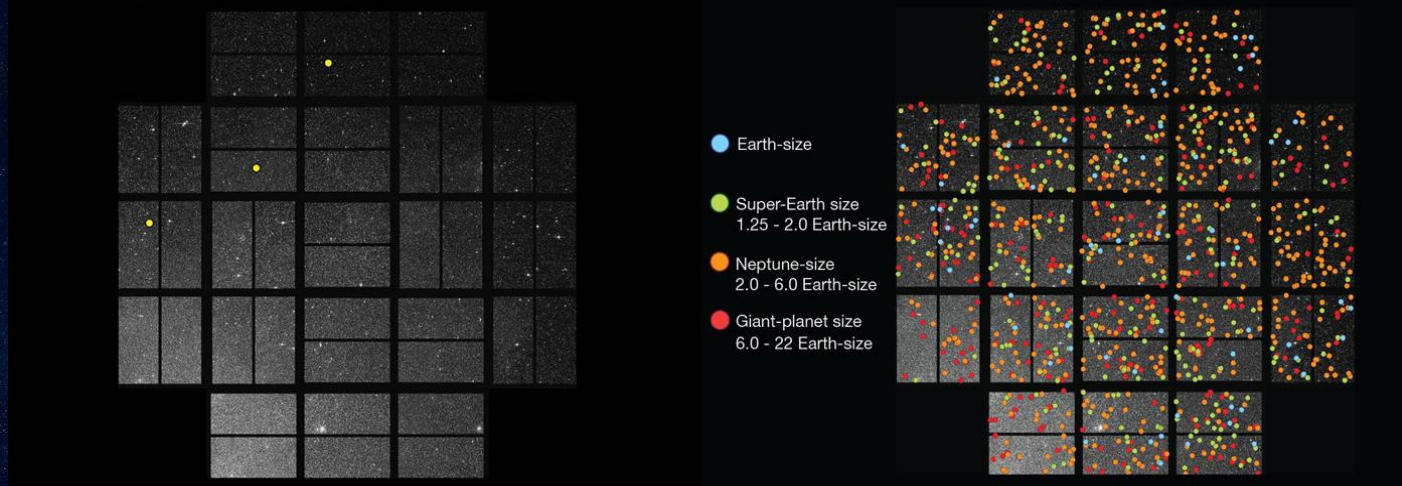


# Космический телескоп «Kepler»

2 февраля 2011 года в статье (W. J. Borucki and the KEPLER team, 2011) был представлен список из 1235 кандидатов в экзопланеты.



Pre-Kepler Planets in the Field of View Locations of Kepler Planet Candidates



# Наблюдения экзопланет в Пулково (транзитный метод)

## ЗА-320М (Пулково)

Система Кассегрена,

$D = 320$  мм,  $F = 3200$  мм

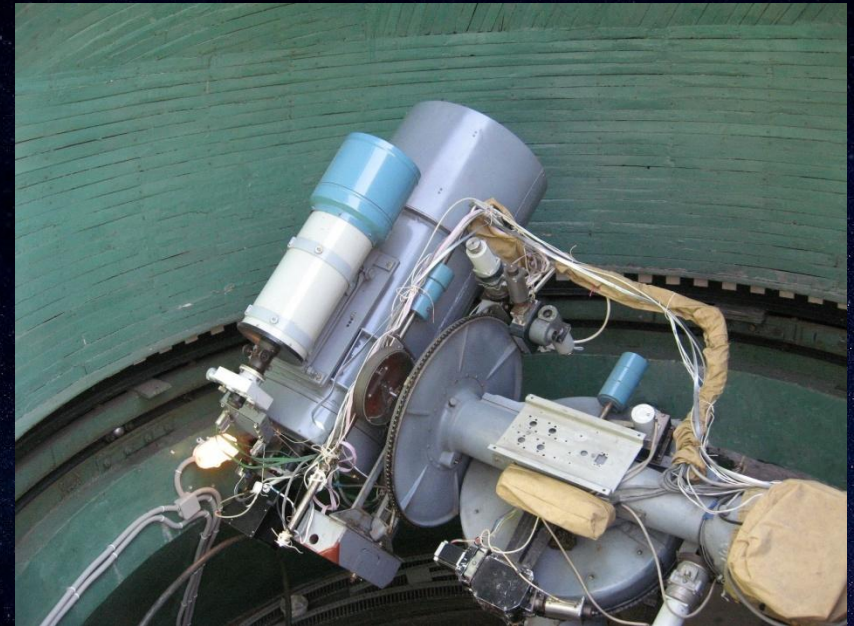
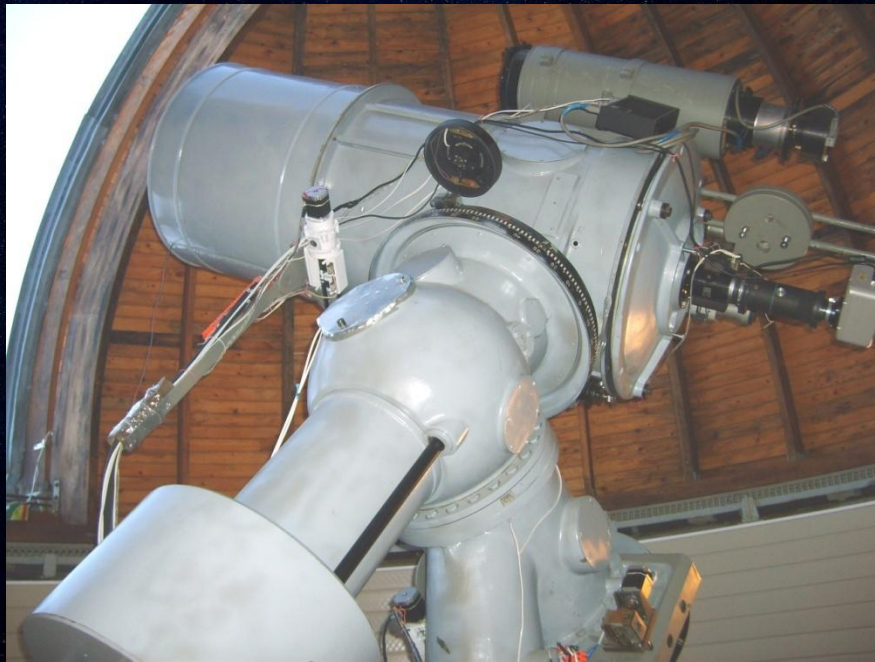
ПЗС-камера FLI IMG 1001E

1024x1024 pix

24x24 $\mu$ m,

*BVRI* - фильтры

Поле зрения  $\approx 28'$  x  $28'$



## МТМ-500М (ГАС ГАО)

$D = 500$  мм,  $F = 4100$  мм

ПЗС-камера SBIG STL 1001E

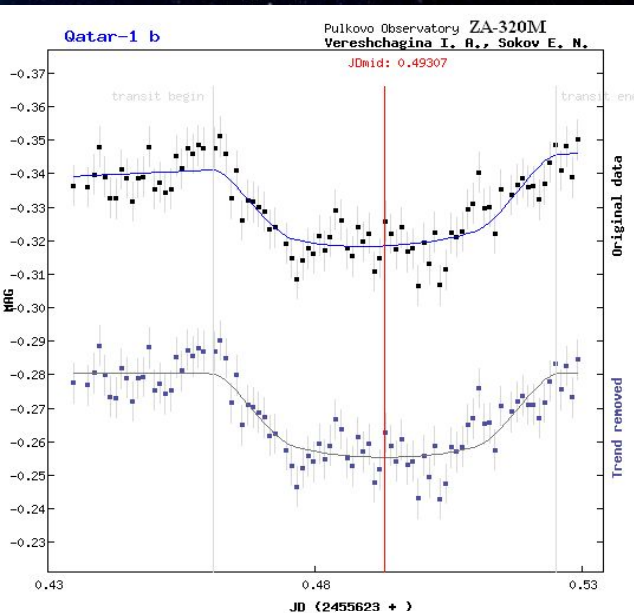
1024x1024 pix

24x24  $\mu$ m

*BVRI* - фильтры

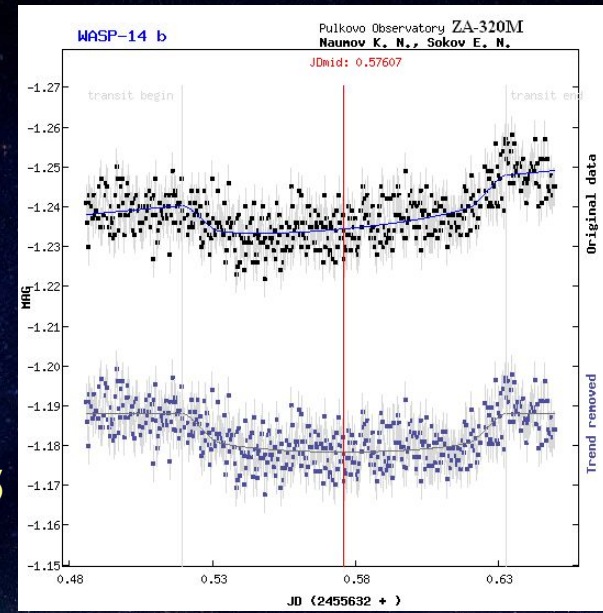
Поле зрения  $\approx 21'$  x  $21'$

# Наблюдения избранных экзопланет в Пулковской Обсерватории

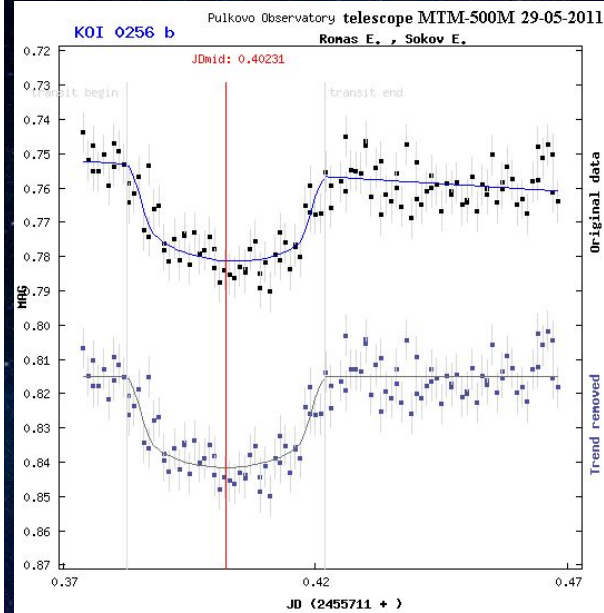
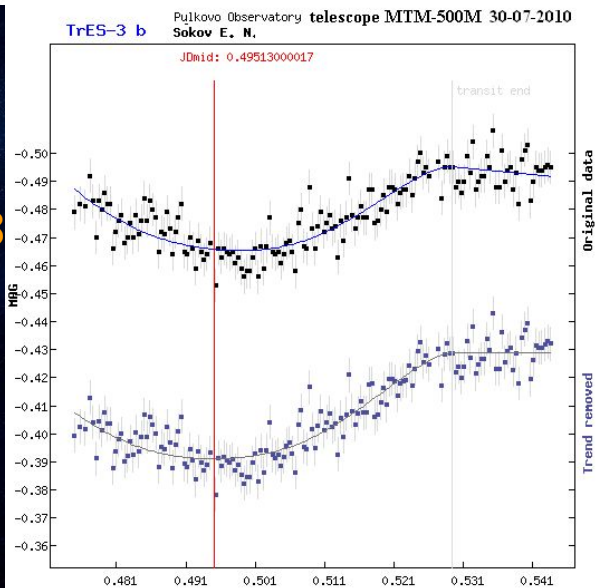


**02.03.2011;**  
**ZA-320M;**  
**Dur=92.7±3.7min;**  
**Depth=0.025±0.001**  
**9**

**11.03.2011;**  
**ZA-320M;**  
**Dur=163.2±3.4 min;**  
**Depth=0.0097±0.0005**  
**; Filter = R**



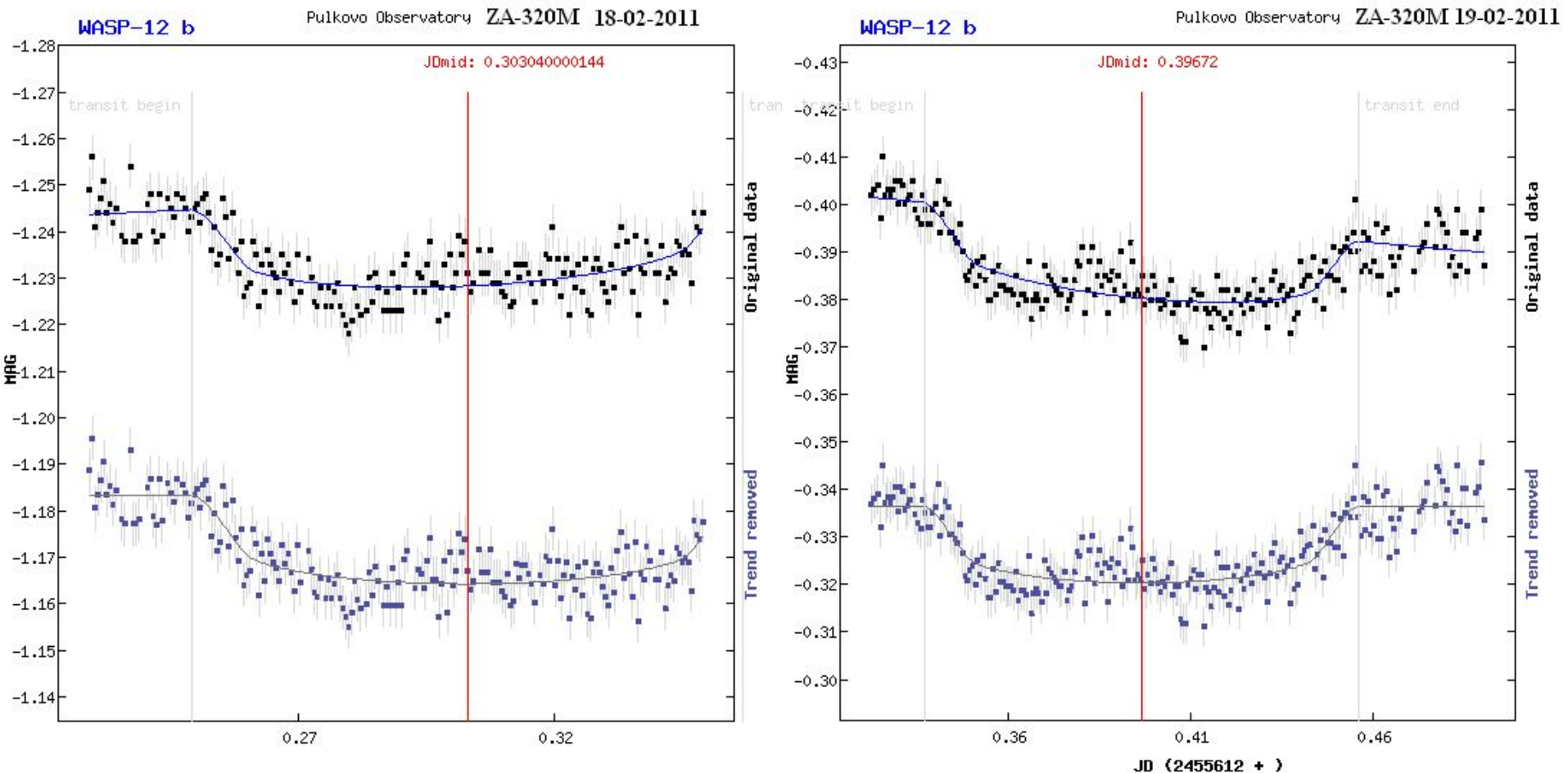
**30.07.2010;**  
**MTM-500M;**  
**Dur=82.8±2.8**  
**min; Depth =**  
**0.028± 0.0013**



**29.05.2011;**  
**MTM-500M;**  
**Dur=56.6±2.7**  
**min; Depth =**  
**0.0264±**  
**0.0027**

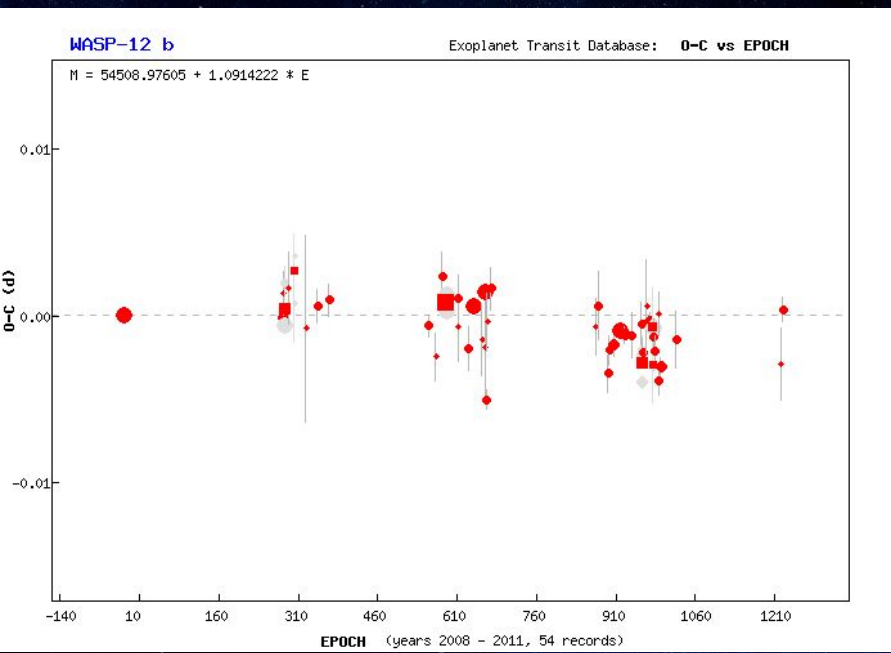
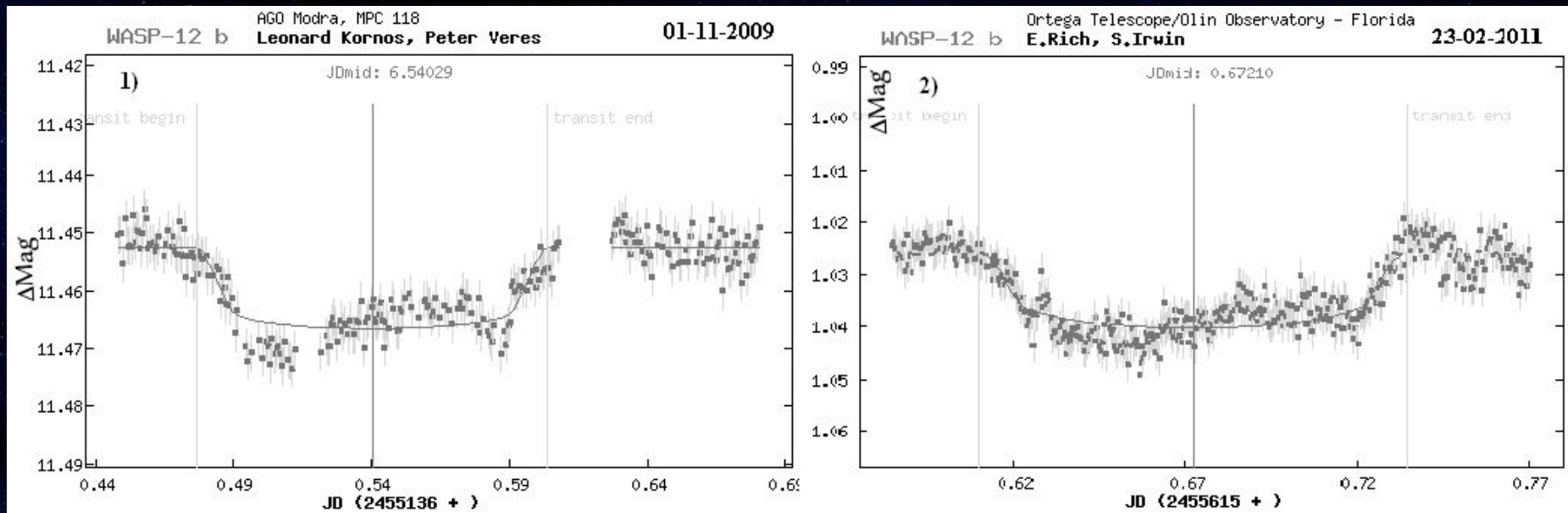
# Экзопланета WASP-12b

Радиус планеты приблизительно на 80 % превышает радиус Юпитера ( $R_{p1} = 1.79 R_{Jup}$ ). Планета является одной из самых горячих транзитных планет, с температурой примерно 2200—2300 градусов Цельсия и близких — расстояние менее 0,03 а. е. до своей звезды. Класс звезды — G0. Радиус звезды  $R_{star} = 1.6 R_{sun}$



Наблюдения в соседние даты. Всплески неизвестной природы

# Экзопланета WASP-12b

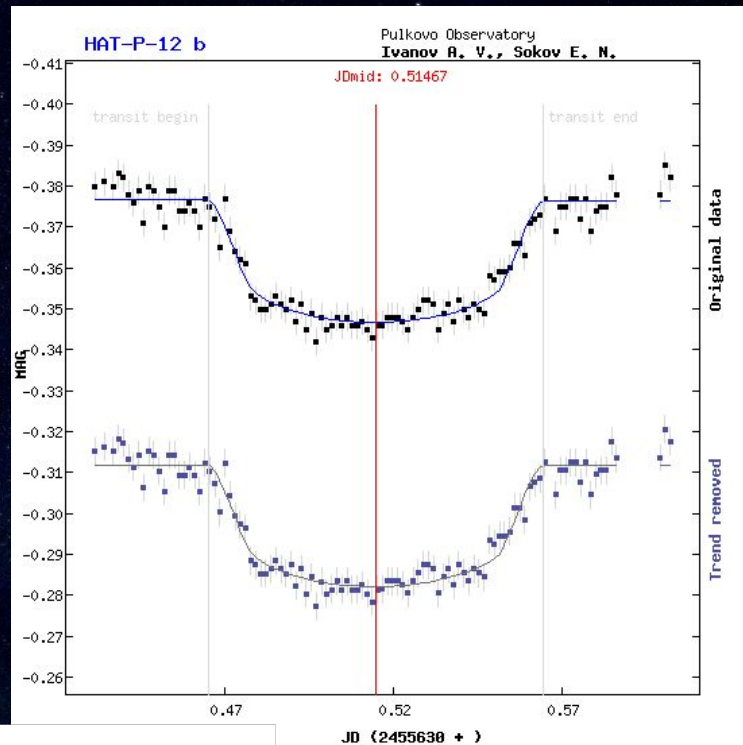


Обнаружен подъём блеска во время прохождения экзопланеты WASP-12b по диску родительской звезды схожей конфигурации в 2009 и 2011 гг. на кривых блеска 1) Leonard Kornos, Peter Veres (AGO Modra); 2) E. Rich, S. Irwin (Ortega Telescope)

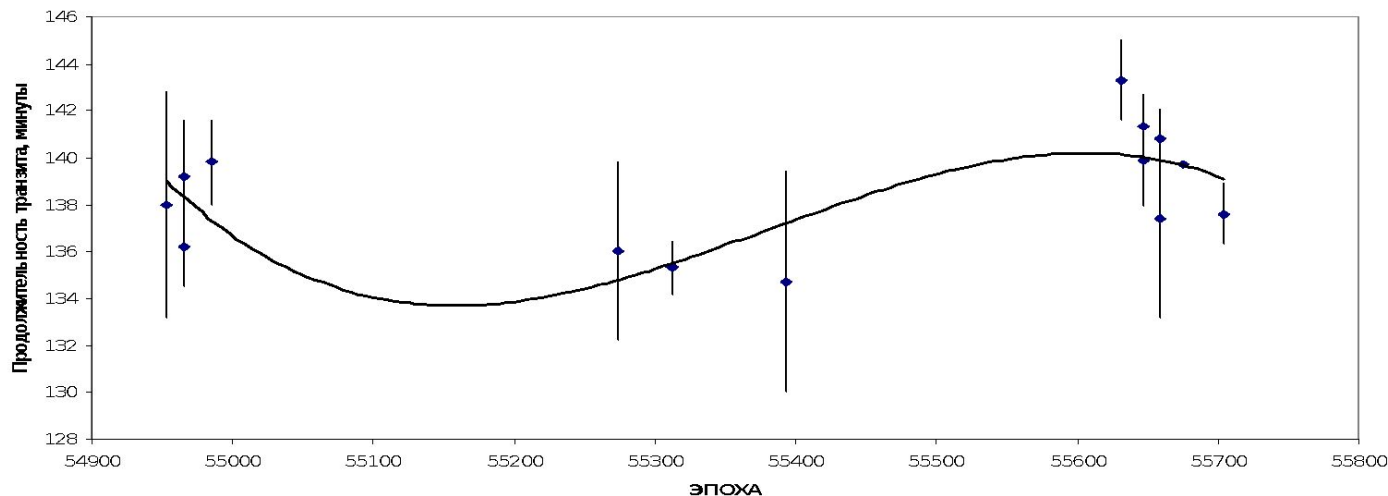
Обнаружены нелинейные изменения со временем отклонения наблюдаемого среднего момента транзита WASP-12b от теоретического.

# Экзопланета HAT-P-12b

HAT-P-12b — экзопланета, находящаяся на расстоянии приблизительно 465 световых лет и вращающаяся вокруг оранжевого карлика 13 зв. величины HAT-P-12, которая расположена в созвездии Гончих псов. Планета относится к классу горячих юпитеров и была открыта транзитным методом 29 апреля 2009 года в рамках проекта HATNet.



Зависимость продолжительности явления от времени



# Кандидат в экзопланеты KOI 256b

Кандидат в экзопланеты, обнаруженный телескопом «Кеплер».

Родительская звезда KOI 256:  $M_V = 15.45$  mag

Характеристики KOI 256b по данным «Кеплера»:

Радиус планеты  $R_{pl} \approx 1.32 R_{jup}$

Глубина падения во время транзита: 0.017 mag

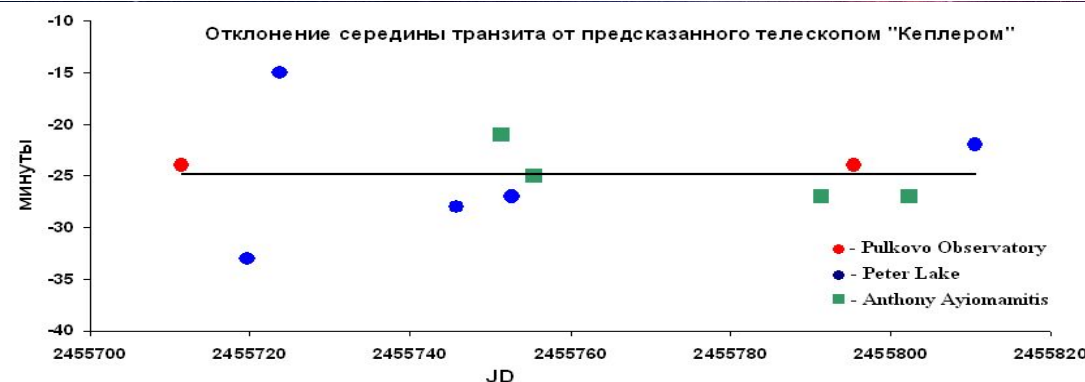
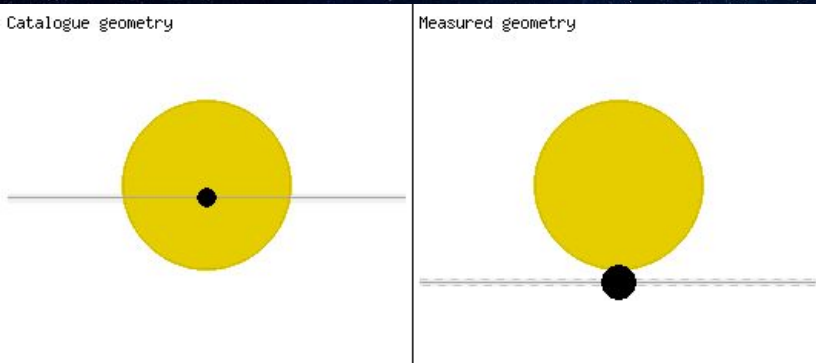
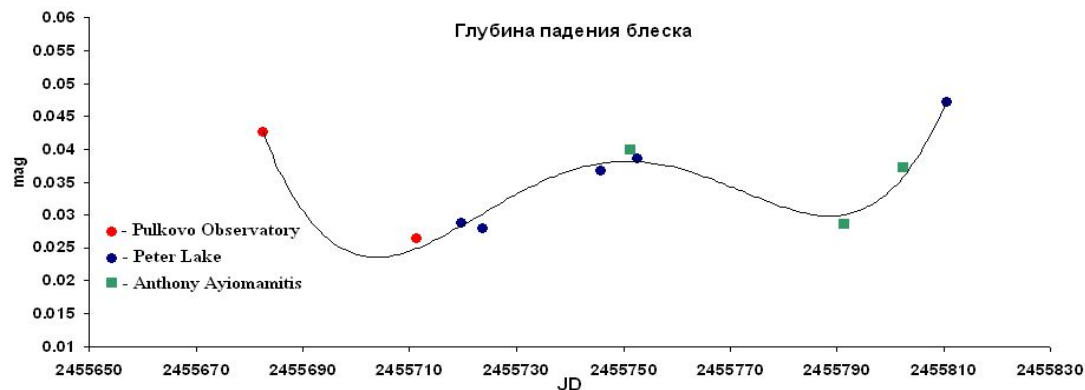
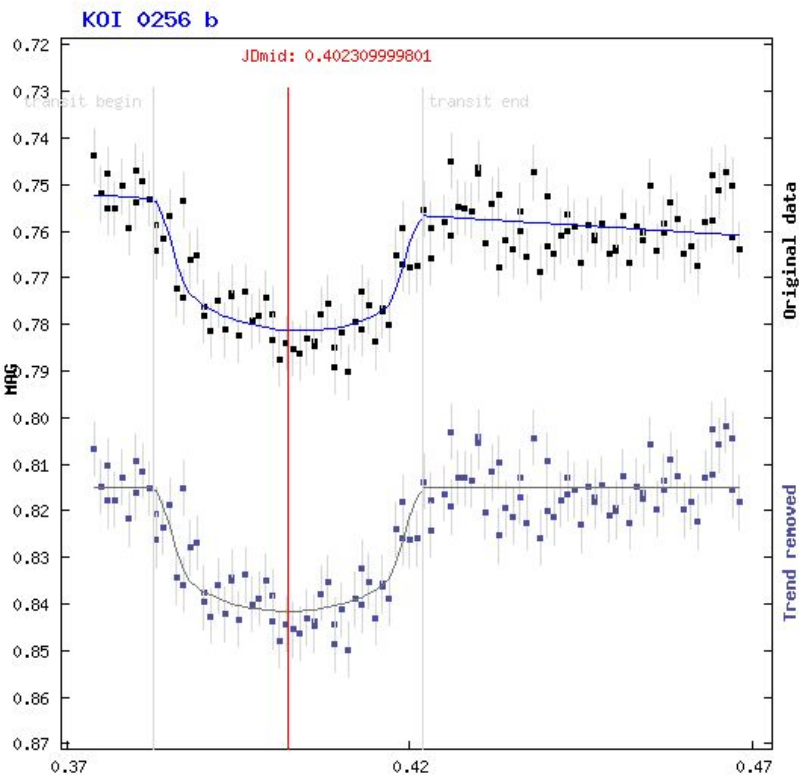
Характеристики KOI 256b по данным Пулковских наблюдений:

Радиус планеты  $R_{pl} = [ 1.65 \div 2.2 ] R_{jup}$ ;

Глубина падения во время транзита:  $[ 0.026 \div 0.042 ]$  mag;

Колебания глубины падения блеска могут свидетельствовать о возможном существовании 3 тела в системе;

Обнаружено опережение начала транзита на 25 минут в сравнении с теорией.



Работу выполнили:  
Машкетова Вероника, Черненко  
Влада, ученицы 9а класса лицея  
№389 «Центр экологического  
образования».

Научный руководитель:

Джафарова Рена  
Аликовна и Бекашев  
Ризван Хусяинович





**Спасибо за внимание!!!**