

# Первые результаты наблюдений лунных покрытий в различных диапазонах спектра на 6-м телескопе САО РАН

---

Шмайлова Екатерина<sup>1,2</sup>,  
В. Дьяченко<sup>1</sup>, А. Рикики<sup>3</sup>, А. Митрофанова<sup>1</sup>,  
А. Бескакотов<sup>1</sup>, А. Максимов<sup>1</sup>, Ю. Балегга<sup>1</sup>

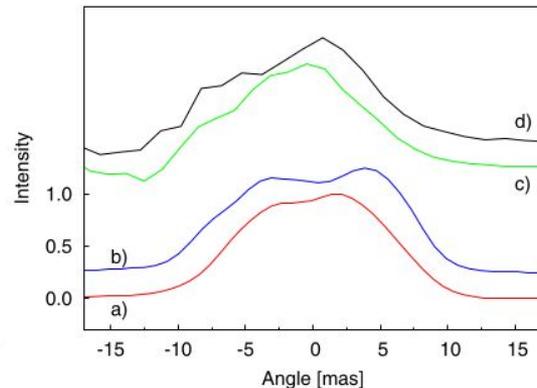
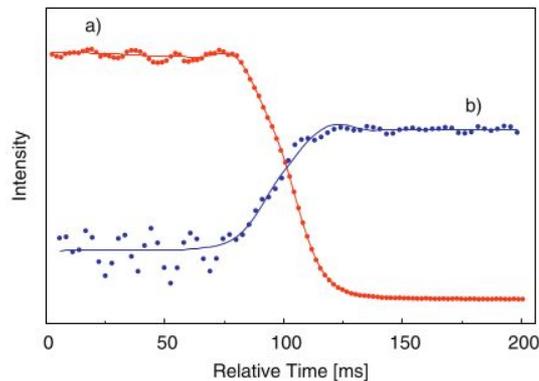
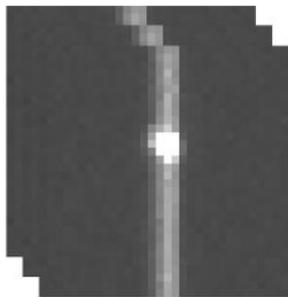
---

1 - САО РАН

2 - СПбГУ

3 - INAF – Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Italy

# Метод лунных покрытий



Алгоритм-схема метода лунных покрытий на примере покрытия Альдебарана

A. Richichi et al., 2018, *New Astron.*, 59, 28-32

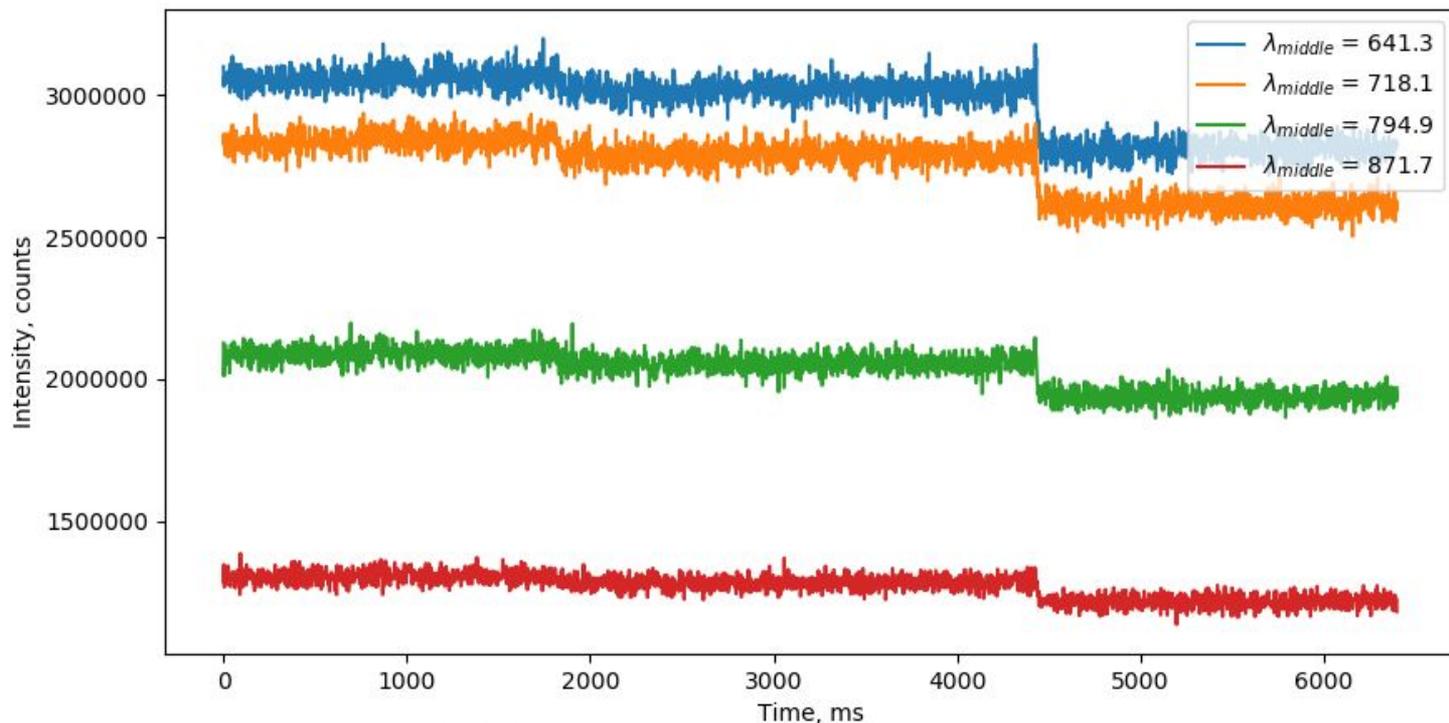
Значительно расширить возможности метода можно, если получать фотометрические кривые в нескольких диапазонах спектра одновременно.

V. Dyachenko et al., 2018, *MNRAS*, 478, 5683-5688

A. Richichi et al., 1992, *A&A*, 265, 535

A. Richichi, 1989, *A&A*, 226, 366

# Метод лунных покрытий



Кривые покрытия HD 36524, полученные одновременно в различных диапазонах спектра на 6-м телескопе САО РАН.

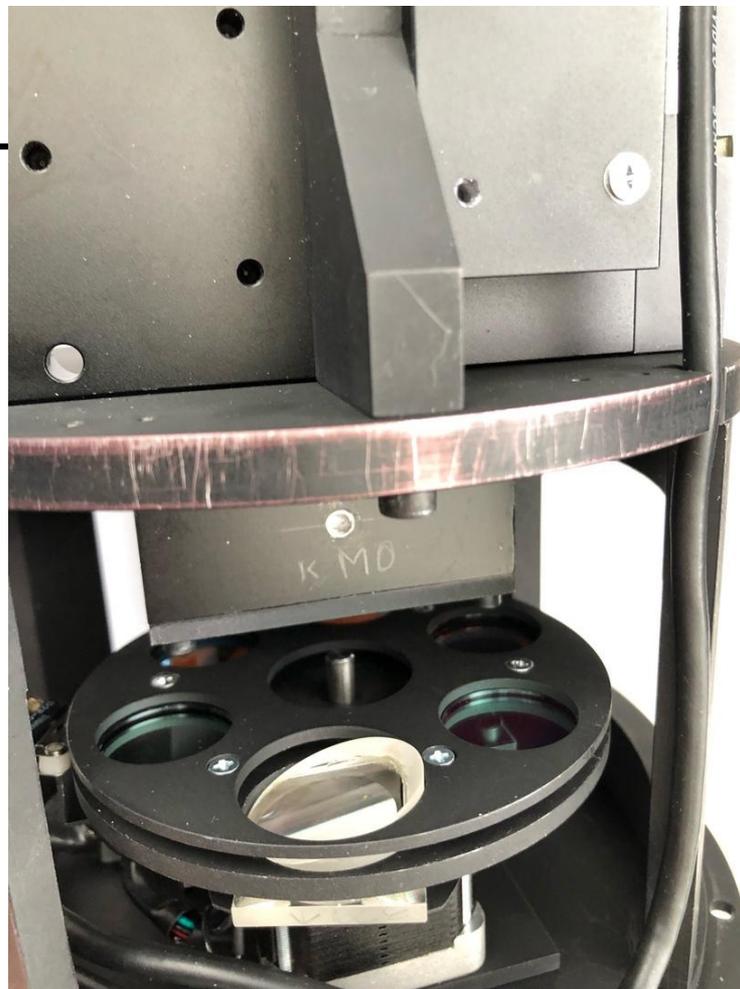
# Метод лунных покрытий

N.M. White, 1980, AJ, 242, 646-656

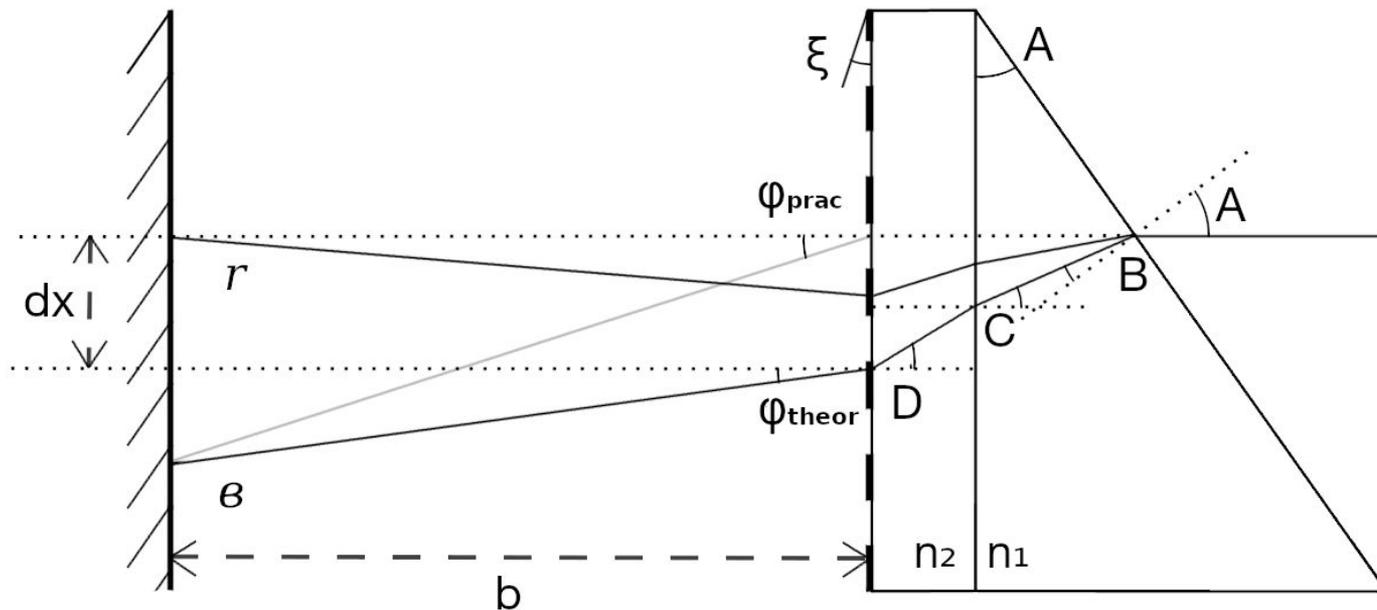
P.M. Harvey, A. Oldag, 2007, AJ, 663, 543-552

Данный метод был реализован с помощью призмы, представляющей собой соединенные призмы (PS814, Thorlabs, преломляющий угол  $18^\circ$ ) и решетку (#49-579, Edmund Optics, 300 штр/мм, угол блеска  $17.5^\circ$ ).

Призма в оптической системе.



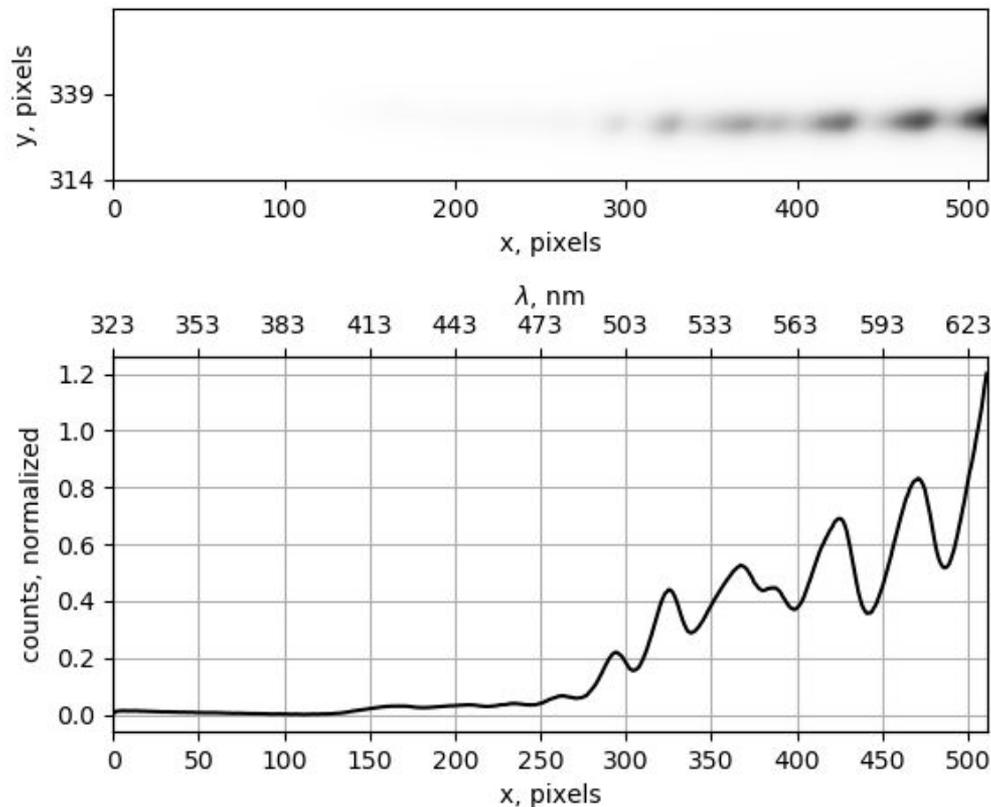
# Инструмент



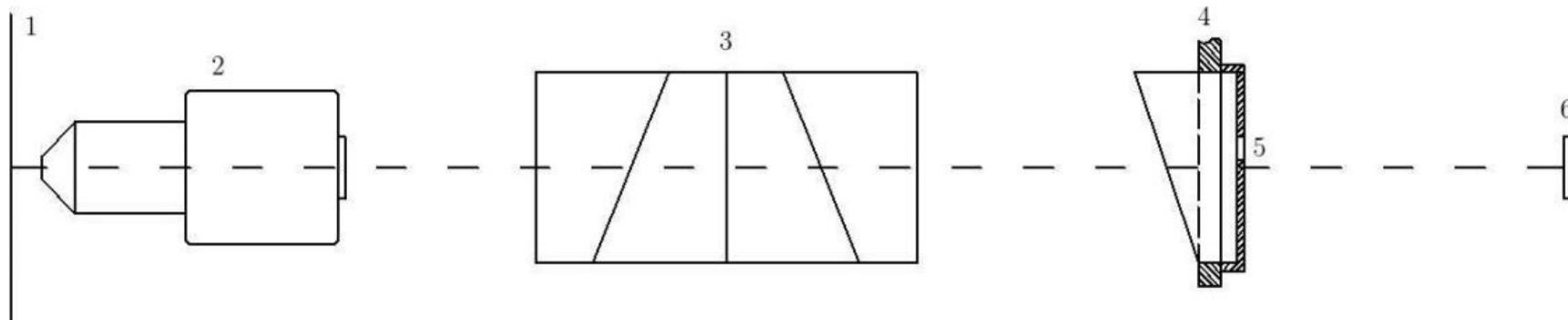
Поведение лучей при прохождении через призму.  $\xi$  - угол блеска решетки,  $A$  - преломляющий угол призмы,  $B, C$  - вспомогательные углы преломления внутри призмы,  $D$  - угол падения света на решетку,  $\varphi_{\text{theor}}$  - угол отклонения лучей в призме.  $n_1, n_2$  - показатели преломления вещества призмы и решетки соответственно.  $b$  - расстояние между поверхностью решетки и детектором.

# Инструмент

Изображение спектра Omi Set.  
Сверху пример изображения,  
полученного в призме,  
(инвертированные цвета); снизу -  
распределение интенсивности по  
пикселям и длинам волн.



# Инструмент



**Figure 1.** Components of the optical-mechanical unit of the BTA speckle interferometer. The numbers indicate: 1 - the focal plane of the telescope, 2 - the micro-lens, 3 - the compensator of the atmospheric dispersion, 4 - the grism in the filter turret, 5 - the mask, 6 - the EMCDD detector.

На схеме представлена модификация спекл-интерферометра.

Maksimov et al., 2009, *Astrophys. Bull.*, 64, 296

# Объект: HD 36524

Покрытие объекта 18 января 2019.

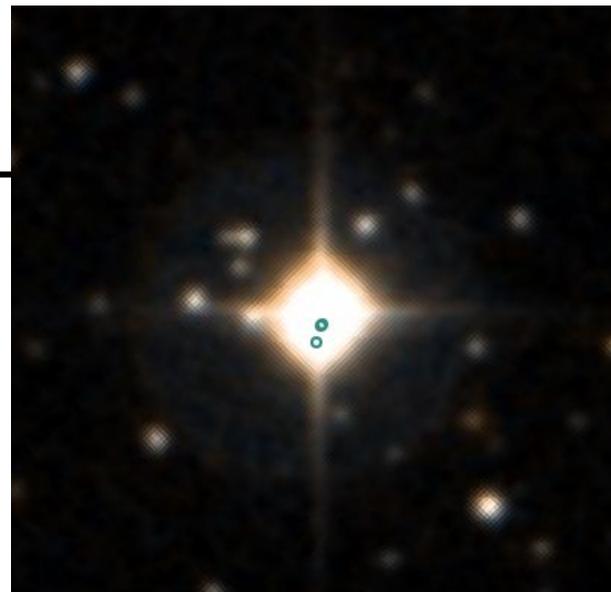
RA: 05 h 33 m 06.94 s

Dec: +20° 02' 07."71

Разделение между компонентами на 2015 год - 3".80

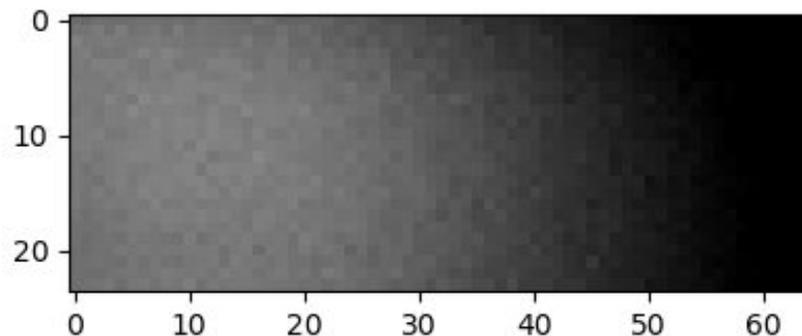
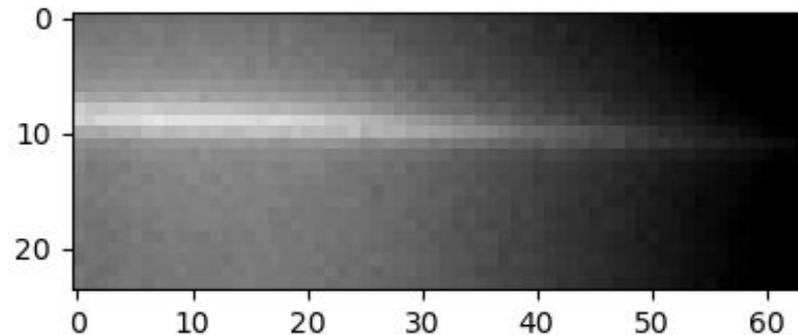
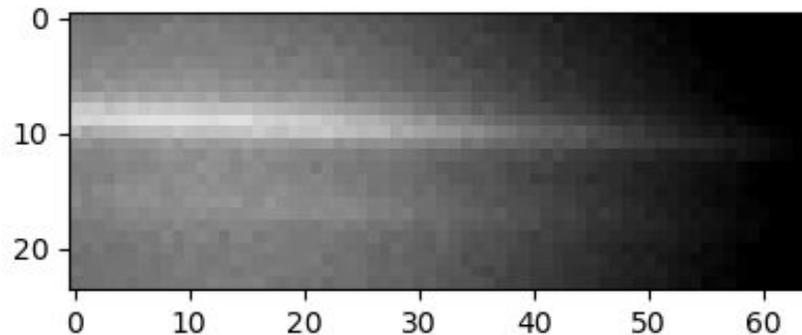
Данная система фотометрически разделима.

|            | $\pi$   | Sp.T. | B     | V     | R    | K     |
|------------|---------|-------|-------|-------|------|-------|
| HD 36524 A | 20.9446 | G9    | 9.84  | 9.01  | 9.06 | 6.713 |
| HD 36524 B | 22.0430 | K4    | 11.75 | 10.67 | 10.0 | 6.761 |



Изображение звезды HD 36524 из обзора DSS2.

# Наблюдения

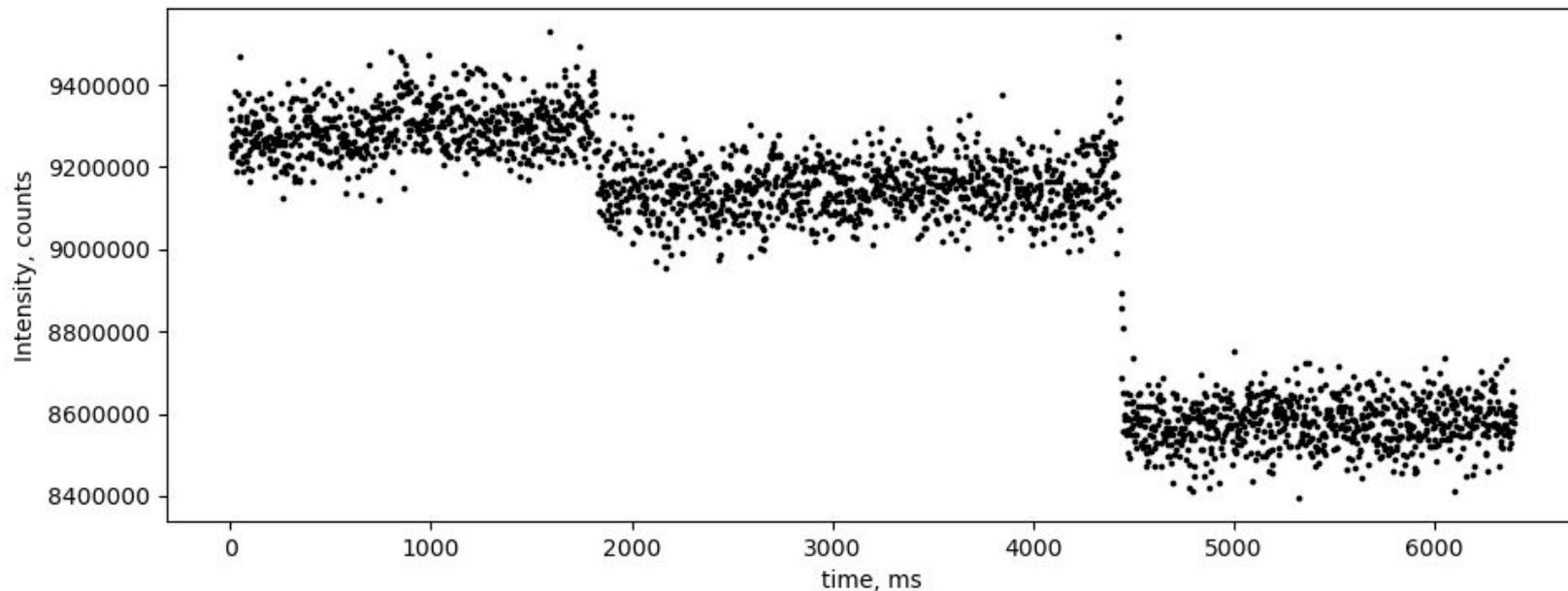


Усредненные серии кадров покрытия звезды HD 36524 на 6-м телескопе САО РАН содержащие спектр: двух звезд (верхняя панель слева), одной звезды (верхняя панель справа), фона (нижняя панель).

Микрообъектив x2.5, поле 28".2. Параметры камеры: ktc 2.56 ms, время экспозиции 0.5 ms, binning 8x8, ROI 512x192. Размер кадра 64x24 пиксела, серия 100 000 кадра.

# Наблюдения

---



Кривая покрытия звезды HD 36524 в диапазоне длин волн от 602.9 до 905.3 нм

# Оценка угловых размеров

---

|            | van Belle | Benedetto | Adams    |
|------------|-----------|-----------|----------|
| HD 36524 A | 0.24 mas  | 0.22 mas  | 0.22 mas |
| HD 36524 B | 0.25 mas  | 0.25 mas  | 0.26 mas |

Сравнение угловых диаметров, рассчитанных различными эмпирическими методами.

Все три метода основаны на эмпирическом соотношении между показателем цвета V-K и угловым диаметром.

Значения, полученные разными способами, сходятся между собой, обеспечивая угловые диаметры за пределами нашего разрешения.

[G.T. van Belle, 1999, PASP, 111, 766](#)

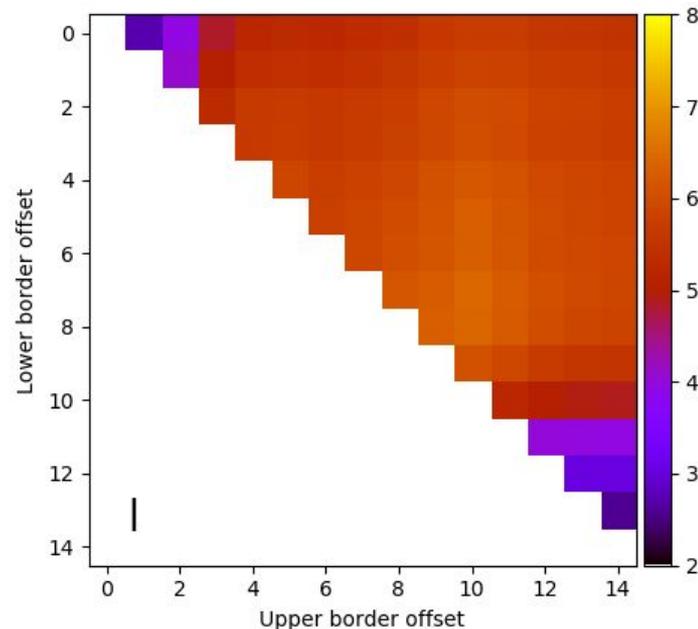
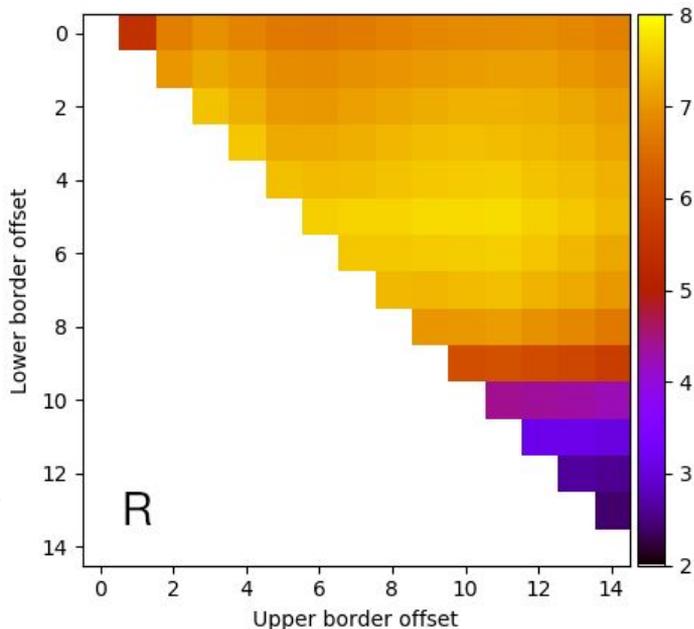
[G.P. Di Benedetto, 2005, MNRAS, 357, 174-190](#)

[A.D. Adams et al., 2018, MNRAS, 473, 3608-3614](#)

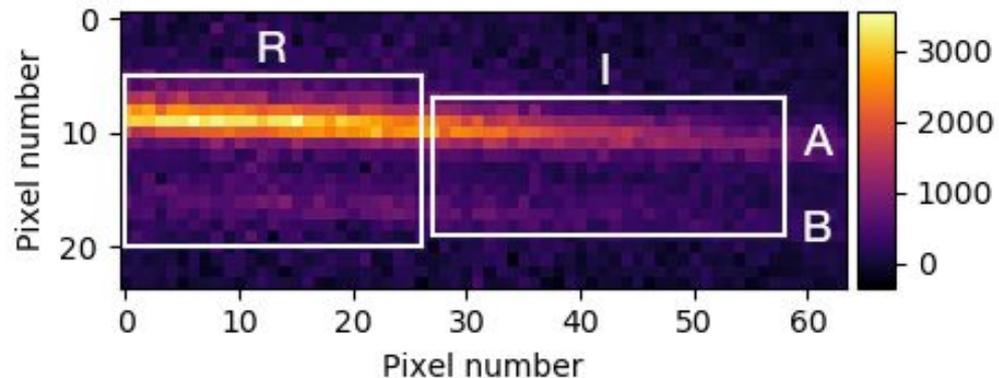
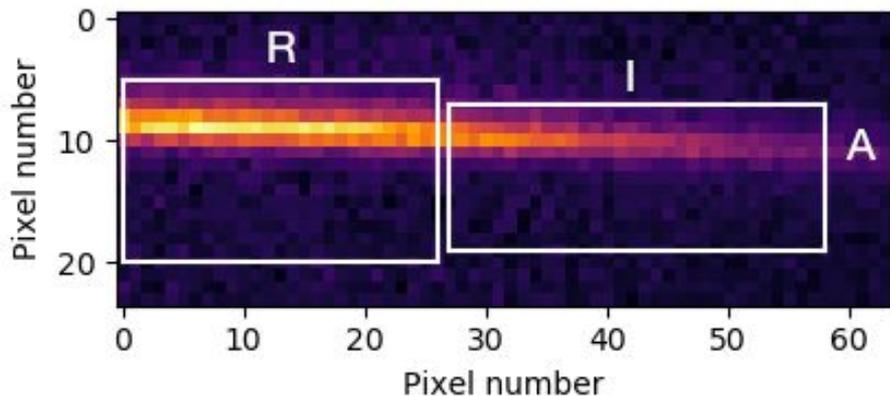
# Максимизация ОСШ

Путем перебора возможных диапазонов пикселей и кадров были найдены оптимальные - обеспечивающие максимальное отношение сигнал-шум (ОСШ). Распределение ОСШ в зависимости от рассматриваемого диапазона приведено на рисунках.

Распределение ОСШ в зависимости от изменения границ области суммирования сигнала внутри кадра в диапазоне (слева) R и (справа) I.

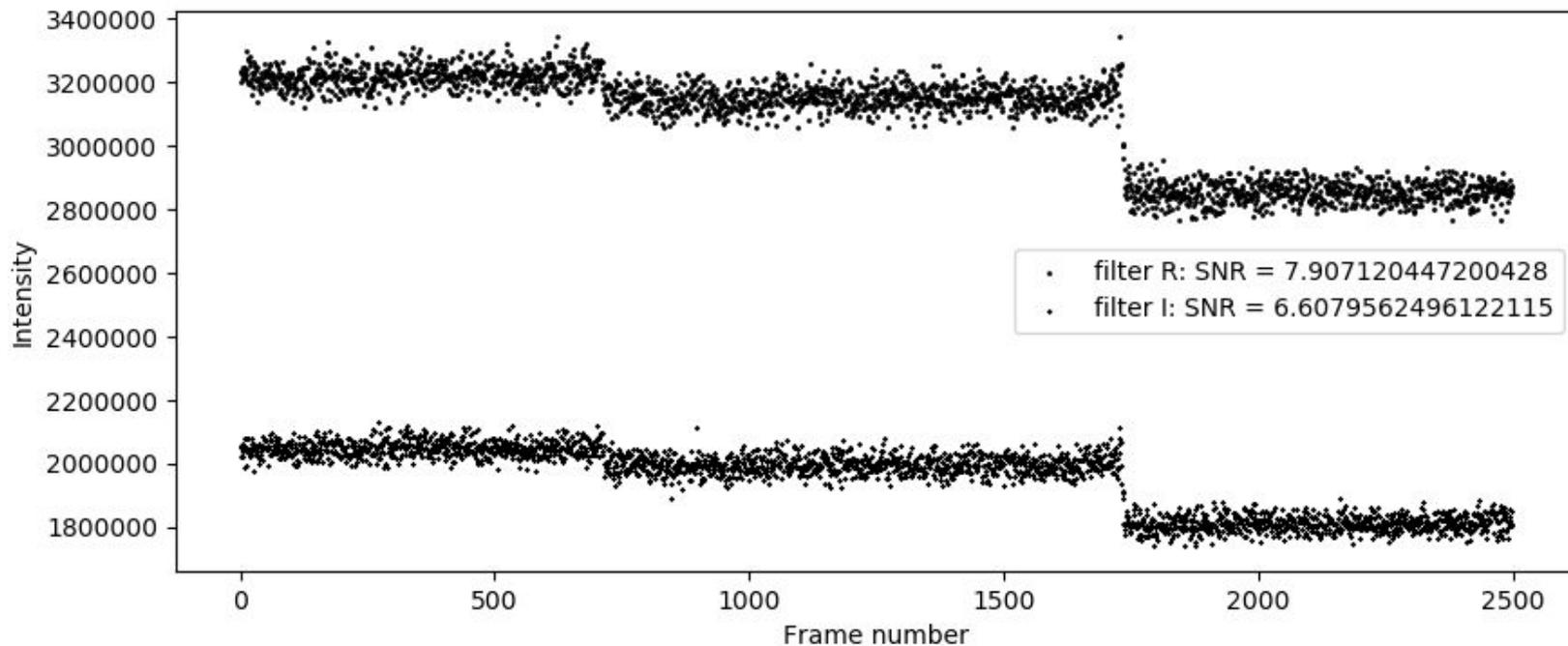


# Максимизация ОСШ



Области суммирования сигнала для диапазонов R и I (белые прямоугольники). Слева: среднее по кадрам, содержащим сигнал от одной звезды; справа: среднее по кадрам, содержащим сигнал от обоих компонентов. Спектры компонентов обозначены буквами A и B соответственно.

# Кривые покрытия



Кривые покрытия звезды HD 36524 в диапазонах (сверху) R: 602.9-727.7 нм и (снизу) I: 732.5-881.3 нм.

# Характеристики объекта

---

|          | ОСШ   | Отношение интенсивностей | Измеренная разность блеска | Разность блеска (USNO-B) | Разность блеска (пересчет данных GAIA) |
|----------|-------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--|
| filter R | 7.907 | $4.1 \pm 1.1$            | $1.53 \pm 0.28$            | $0.94 \pm 0.2$           | $1.48 \pm 0.05$                        |
| filter I | 6.607 | $3.4 \pm 1.0$            | $1.34 \pm 0.32$            | -                        | $1.29 \pm 0.05$                        |

Измеренные и рассчитанные характеристики для компонентов системы HD 36524 в фильтрах R и I. Литературные значения пересчитаны из данных GAIA, для фильтра R также приведены значения из каталога USNO-B.

$$G - R = -0.003226 + 0.3833 (G_{bn} - G_{rp}) - 0.1345 (G_{bn} - G_{rp})^2$$

$$G - I = 0.02085 + 0.7419 (G_{bp} - G_{rp}) - 0.09631 (G_{bp} - G_{rp})^2$$

# Выводы

---

Был **реализован новый метод** наблюдения лунных покрытий. Он позволяет получать измерения с высоким угловым разрешением в различных диапазонах спектра. В качестве спектрального элемента мы использовали **гризму**.

**Проведены тестовые наблюдения** с модифицированной оптической системой на телескопе **Цейсс-1000** (28-29 октября 2018), в 2019 году проведены наблюдения на **БТА**. Впервые с использованием новой схемы наблюдалась двойная звезда **HD 36524**, которая демонстрирует **применимость метода** для двойных систем.

В результате обработки наблюдений были измерены относительные потоки. В диапазонах, близких к R (602.9-727.7 нм) и I (732.5-881.3 нм), разности блеска составили  **$1.53 \pm 0.28$**  и  **$1.34 \pm 0.32$**  соответственно. По литературным данным разности блеска составляют  $1.48 \pm 0.05$  и  $1.29 \pm 0.05$  в фильтрах R и I.

Для звезд **9-10 звездной величины** в фильтре **R** мы получили **ОСШ 7.9**, а в фильтре **I** - **6.6**, что является хорошим и надежным результатом.

**Спасибо за внимание!**

