

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук

# **Научно-квалификационная работа (диссертация)**

## **Определение фундаментальных параметров магнитных СР-звезд**

**Моисеева Анастасия Валерьевна**

Научный руководитель:  
доктор физ.-мат. наук

**Романюк Иосиф Иванович**

# Научно-квалификационная работа (НКР)

---

## Тема диссертационной работы:

Определение фундаментальных параметров магнитных CP-звезд.

## Структура работы:

- ▶ Глава 1. Магнитные химически-пекулярные звезды
- ▶ Глава 2. Приборы и методика наблюдений
- ▶ Глава 3. Исследование магнитных свойств химически-пекулярных звезд
- ▶ Глава 4. Фундаментальные параметры химически-пекулярных звезд

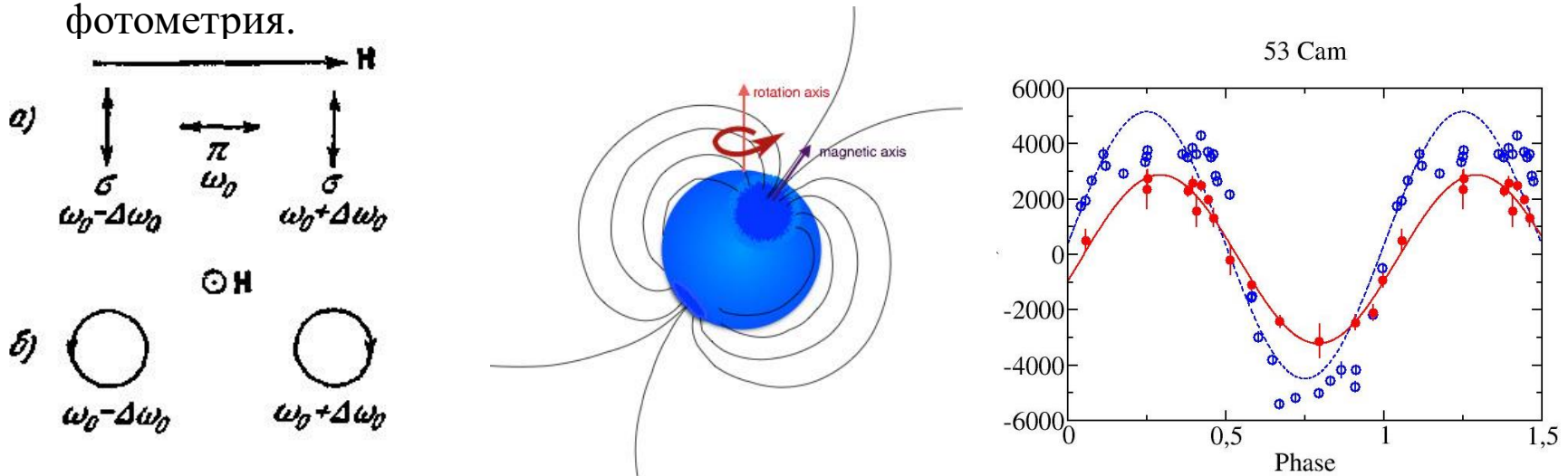
# Введение

---

- ▶ Актуальность исследования
- ▶ Объект и предмет исследования
- ▶ **Цель** – определение фундаментальных параметров и магнитных полей выборки химически-пекулярных звезд
- ▶ **Задачи:**
  1. изучение методов определения параметров;
  2. обработка имеющегося и получение нового наблюдательного материала;
  3. исследование каталогов и параметров, полученными другими авторами;
  4. измерения лучевых скоростей  $V_R$ , проекций скоростей вращения  $v_e \sin i$ , определение эффективных температур  $T_{eff}$  и  $\lg g$ , масс  $M/M_0$ , радиусов  $R/R_0$  и светимостей  $\lg L/L_0$ ;
  5. построение зависимостей и гистограмм распределения параметров.

# Глава 1. Магнитные химически-пекулярные звезды

- ▶ **Химически-пекулярные звезды** – это звезды, в спектрах которых наблюдаются аномалии (CP1 – Am/Fm, CP2 – Ap/Bp, CP3 – HgMn, CP4 – He-weak, He-strong);
- ▶ **Магнитные химически-пекулярные звезды** – химически-пекулярные звезды типа Ap/Bp, которые обладают глобальными, структурированными полями;
- ▶ **Теории образования полей** – теория реликтового происхождения, теория динамо;
- ▶ **Методы оценки магнитных полей** – эффект Зеемана, Женевская и Венская фотометрия.

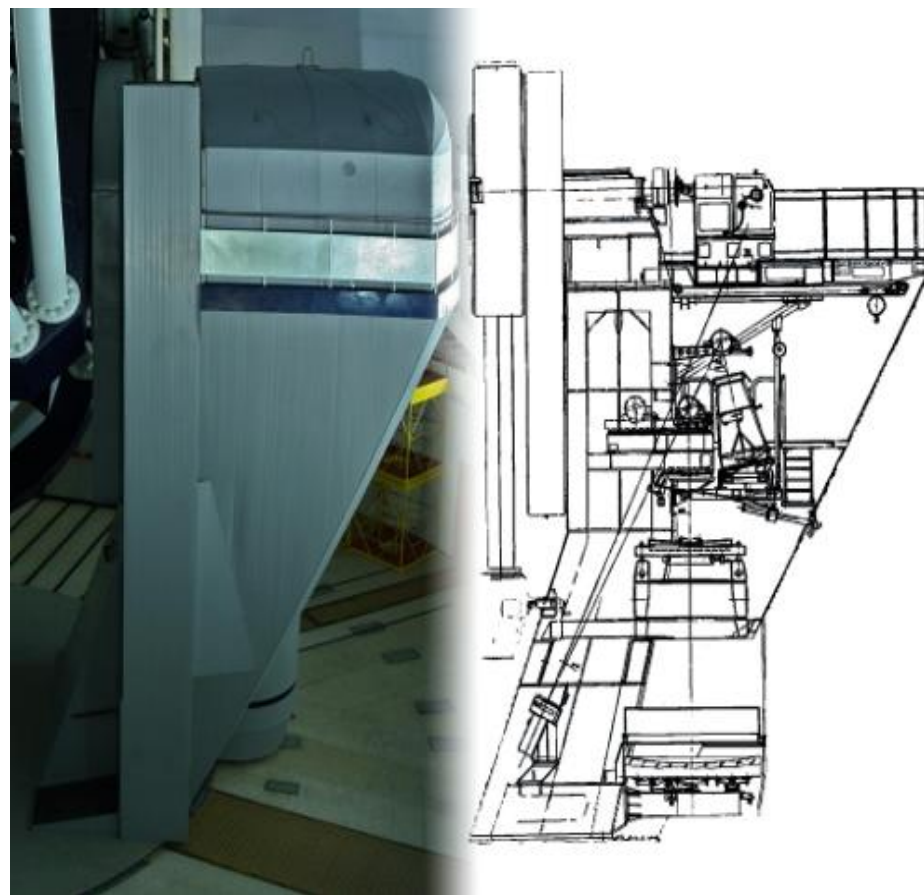


# Глава 2. Приборы и методика наблюдений

- ▶ **Прибор** – Основной звездный спектрограф (ОЗСП)
- ▶ **Спектральное разрешение** –  $R = 15000$
- ▶ **Спектральный диапазон** – 4400-5000 Å
- ▶ **Средний сигнал/шум** – 200-500

## Обработка спектрального материала:

- ▶ вычитание тока смещения матрицы (bias);
- ▶ учет рассеянного света;
- ▶ калибровка по длинам волн;
- ▶ экстракция спектров;
- ▶ учет гелиоцентрической поправки;
- ▶ нормировка спектров.



# Глава 3. Исследование магнитных свойств химически-пекулярных звезд

---

- ▶ За основу взяты данные ОЗСП – 2009-2011 гг.
- ▶ **Цель** – изучение магнитных свойств CP-звезд, поиск новых магнитных CP-звезд
- ▶ **Задачи** – получение спектрального материала (5-10 зеемановских спектров для каждой звезды с целью построения кривых изменения  $V_e$ ), моделирование магнитных полей
- ▶ **Основной метод отбора кандидатов** – Женевская и Венская фотометрия
- ▶ **Метод измерения магнитных полей** – продольных эффект Зеемана, изучение поляризации в линиях
- ▶ **Калибровка результатов** – звезды стандарты магнитного поля, стандарты поля постоянного знака, нулевые стандарты

# 3.1 Оценка магнитных полей различных СР-звезд

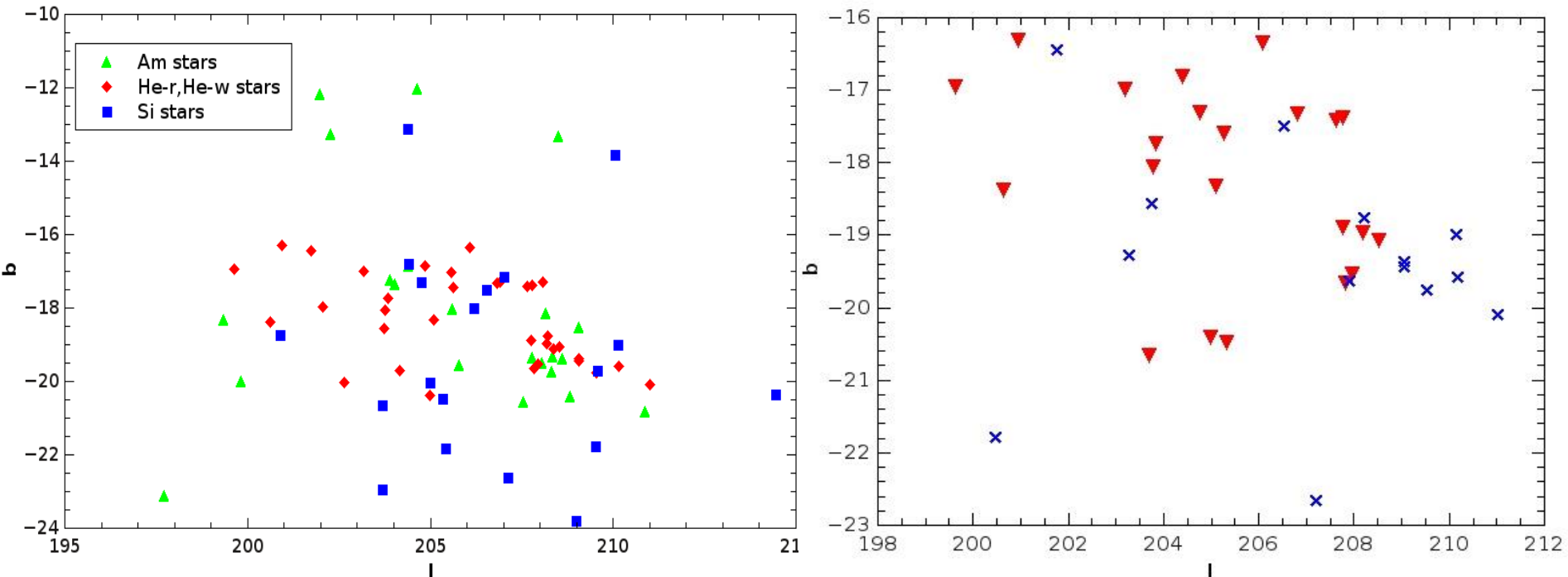
<b>HD 5441 (2)</b>	$-420 \pm 50$	<b>HD 113894 (4)</b>	$+990 \pm 40$
<b>HD 17330 (3)</b>	$-958 \pm 52$	<b>HD 118054 (3)</b>	$-580 \pm 130$
<b>HD 29762 (2)</b>	$+560 \pm 60$	<b>HD 138633 (2)</b>	$-290 \pm 20$
<b>HD 38129 (2)</b>	$-246 \pm 52$	<b>HD 138777 (1)</b>	$+2150 \pm 60$
<b>HD 47152 (1)</b>	$-631 \pm 291$	<b>HD 188501 (2)</b>	$-2200 \pm 80$
<b>HD 49884</b>	$-310 \pm 40$	<b>HD 191287 (1)</b>	$-1060 \pm 410$
<b>HD 50341 (2)</b>	$+587 \pm 215$	<b>HD 199180 (4)</b>	$-340 \pm 60$
<b>HD 54824 (2)</b>	$+690 \pm 180$	<b>HD 225627 (2)</b>	$+340 \pm 60$
<b>HD 63347 (2)</b>	$-1380 \pm 120$	<b>HD 260858 (3)</b>	$+574 \pm 97$
<b>HD 89069 (3)</b>	$-720 \pm 30$	<b>BD +53 1183 (3)</b>	$+1030 \pm 100$
<b>HD 96003 (3)</b>	$-210 \pm 20$	<b>Итого: 21 звезда (2009-2011 гг.)</b>	

Всего известно ~ **500**  
звезд

- ▶ **5 %** за 3 года
- ▶ **35%** за все время

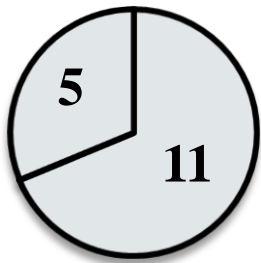
## 3.2 Оценка магнитных полей CP-звезд ассоциации Орион OB1

- ▶ **814** звезд (Brown et al)
- ▶ **85** CP-звезд: **23** Am **59** Vp-звезды, **3** Ap-звезды (29 mCp)

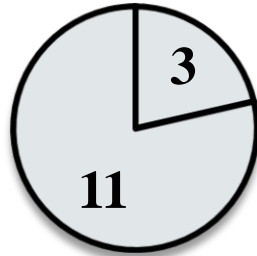




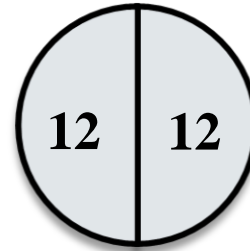
# 3.2 Оценка магнитных полей CP-звезд ассоциации Орион OB1



Орион OB1 (a)  
Всего: 16  
 $\lg t = 7.05$



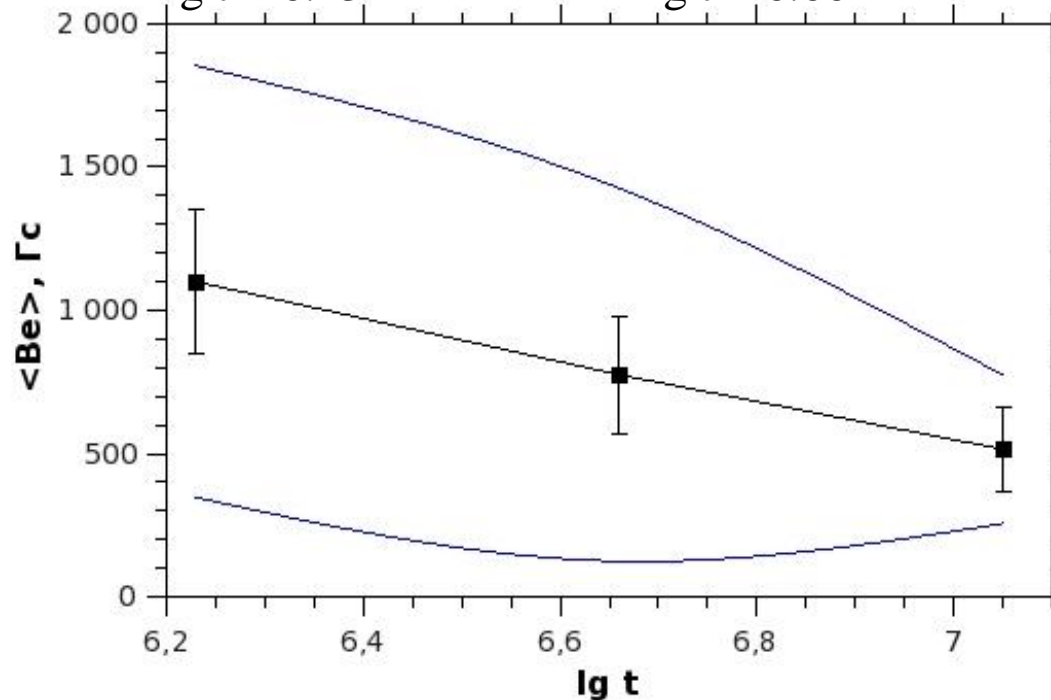
Орион OB1 (b)  
Всего: 14  
 $\lg t = 6.23$



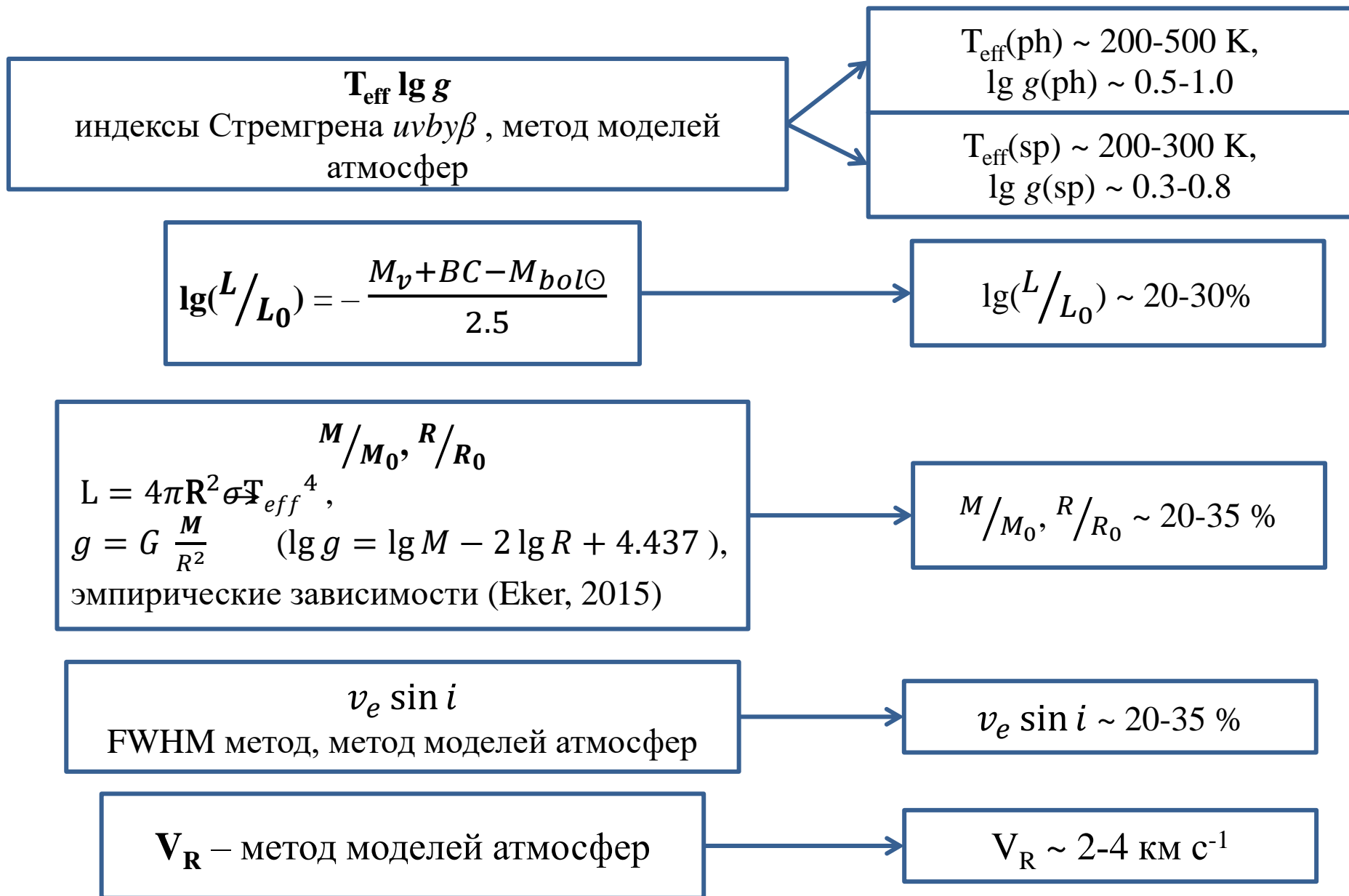
Орион OB1 (c)  
Всего: 24  
 $\lg t = 6.66$



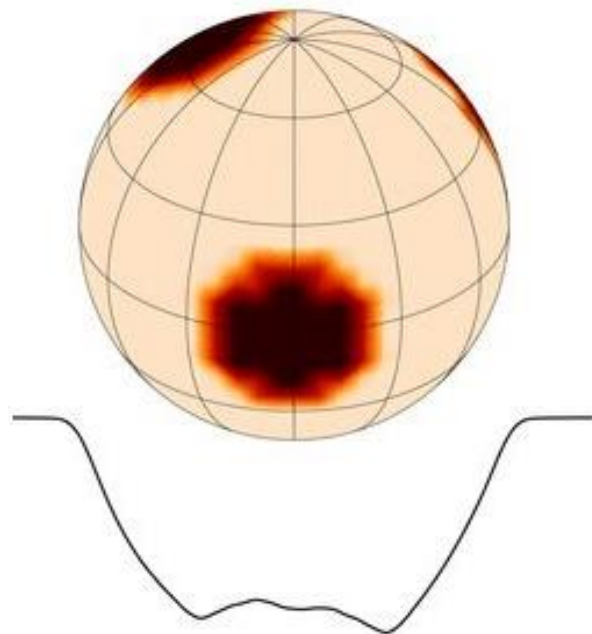
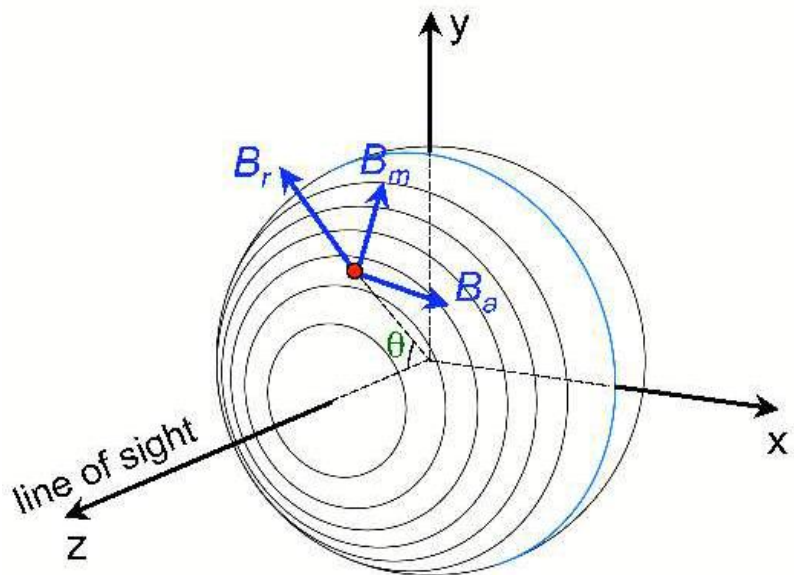
Орион OB1 (d)  
Всего: 3  
 $\lg t = <6.0$



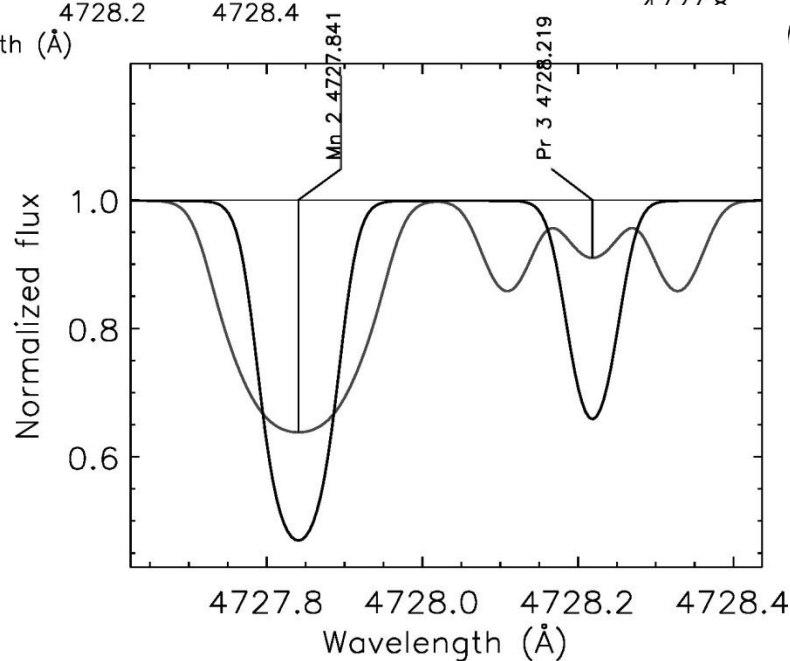
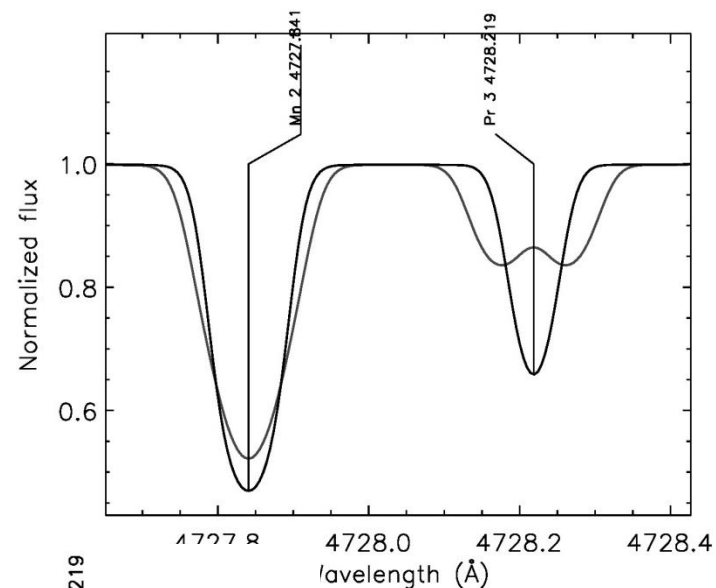
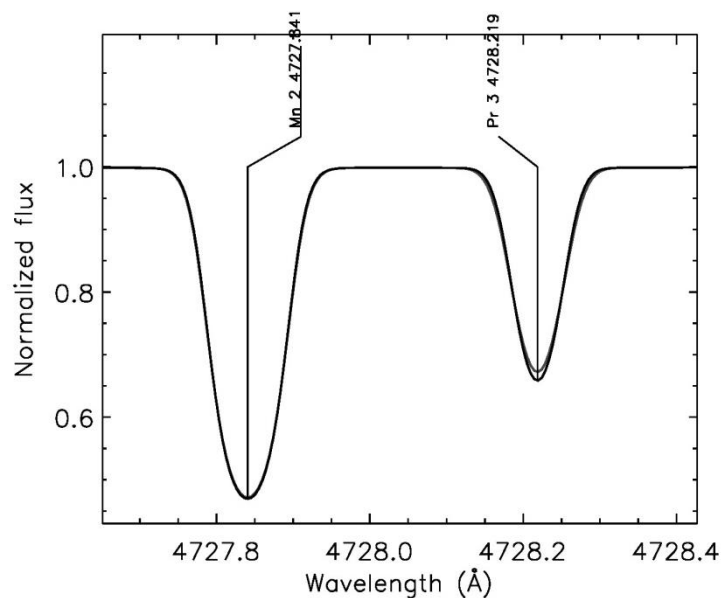
# Глава 4. Фундаментальные параметры магнитных CP-звезд



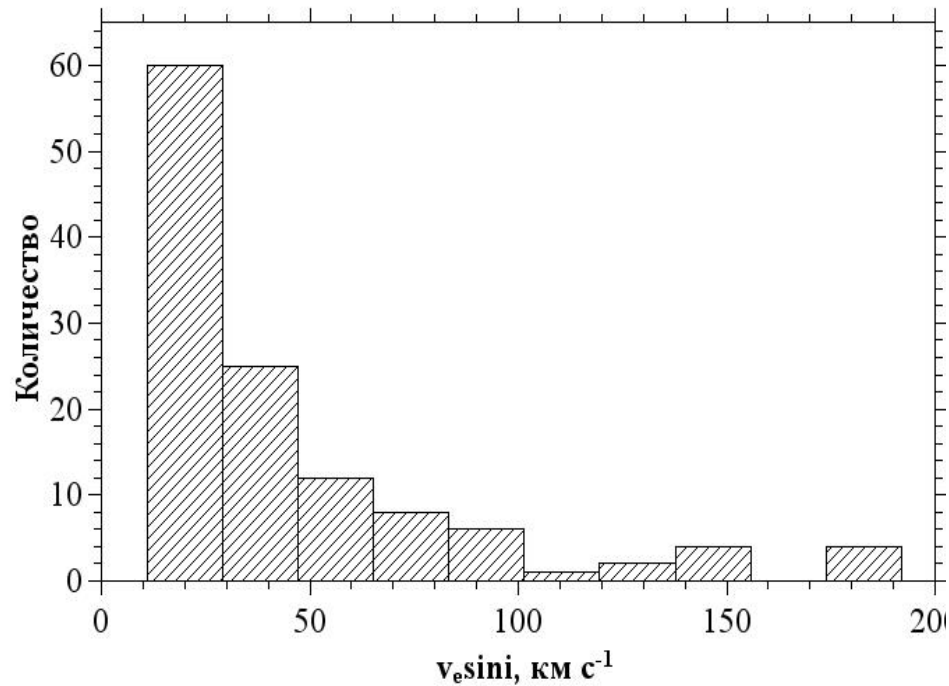
# Глава 4. Фундаментальные параметры магнитных СР-звезд. Метод моделей атмосфер.



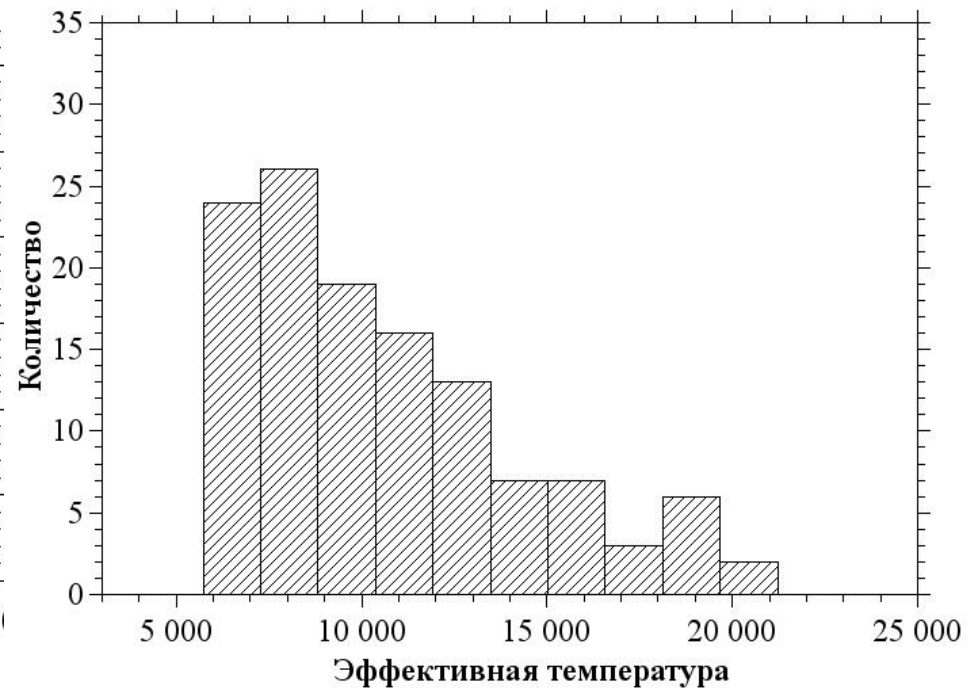
# Глава 4. Фундаментальные параметры магнитных CP-звезд. Метод моделей атмосфер.



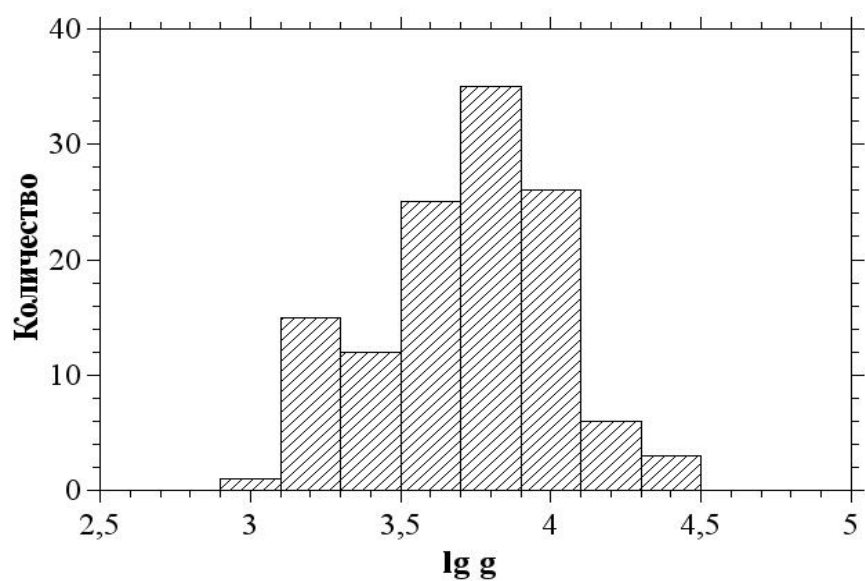
## 4.1 Исследование фундаментальных параметров различных СР-звезд



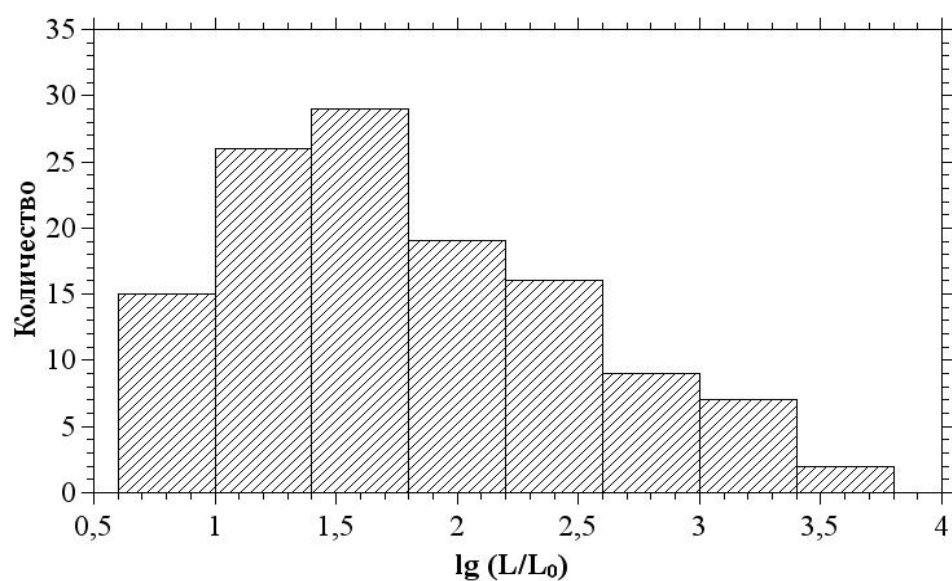
$v_e \sin i = 20\text{-}30 \text{ км с}^{-1}$



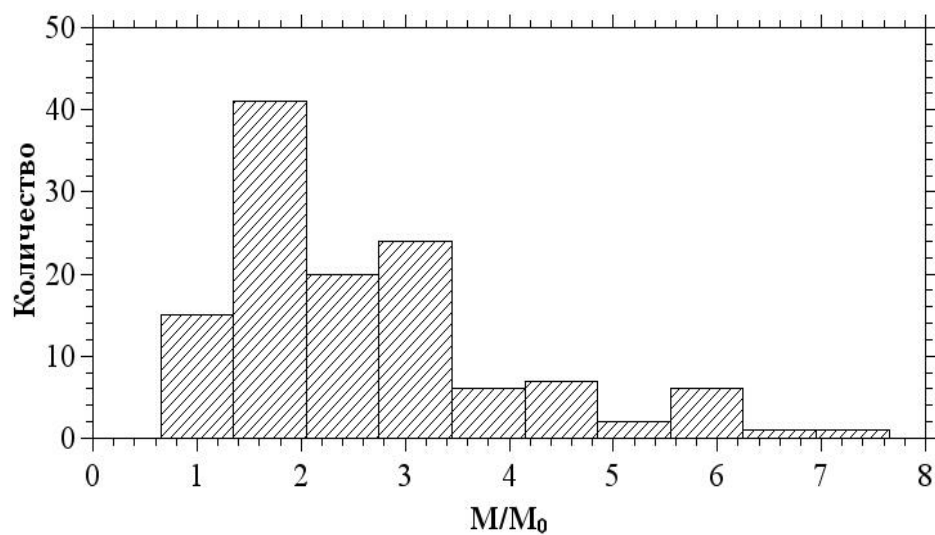
$T_{eff} = 8000 - 9000 \text{ К}$



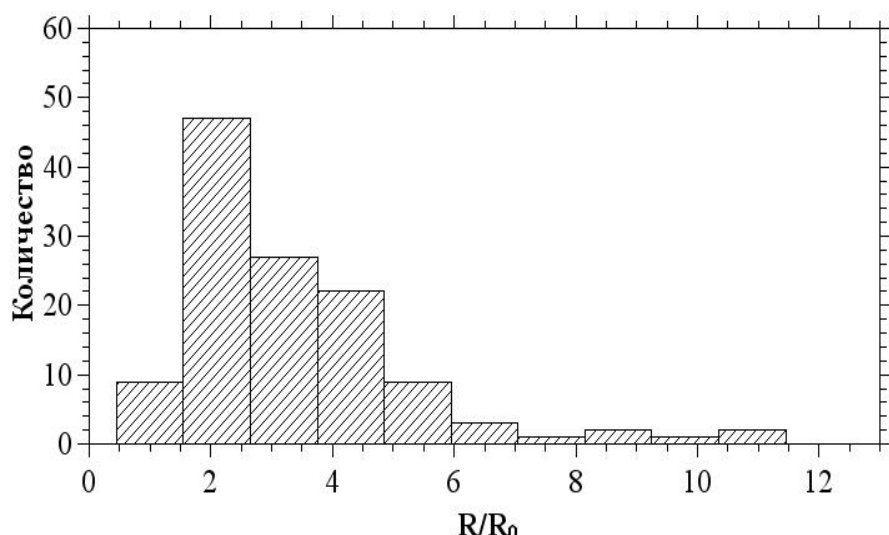
$$\lg g = 3.8$$



$$\lg L/L_0 = 1.4 - 1.8$$

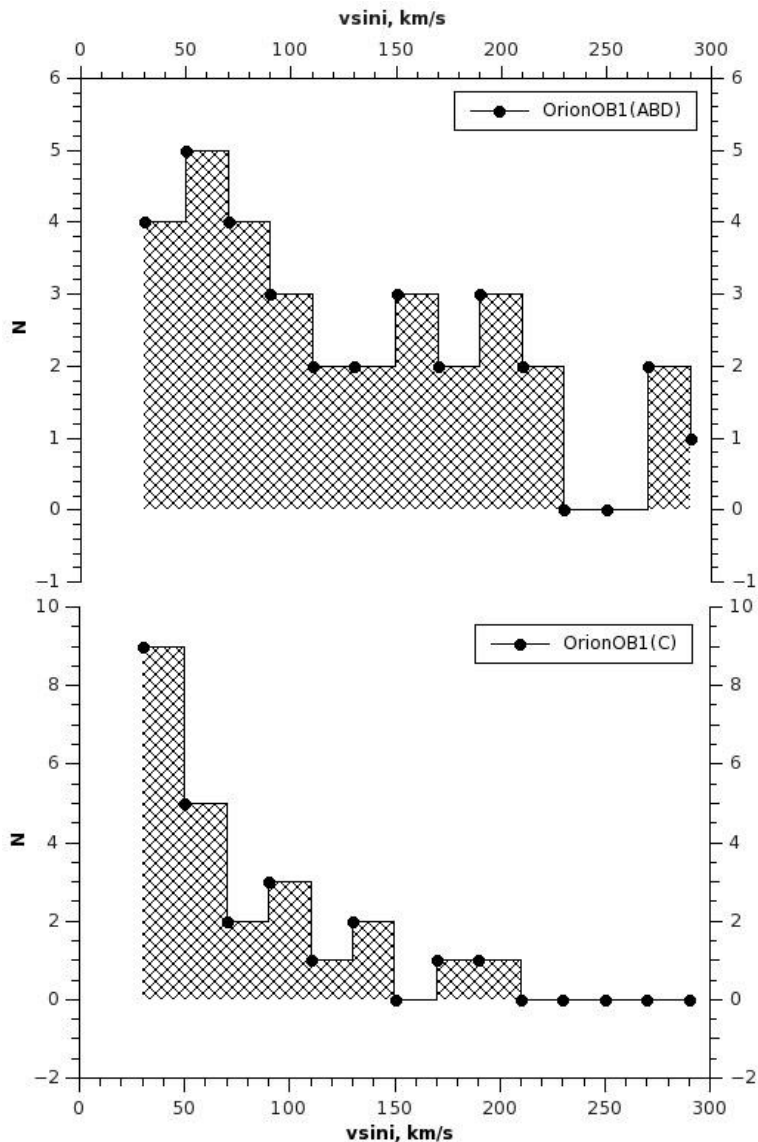


$$M/M_0 = 1.2 - 2.0$$



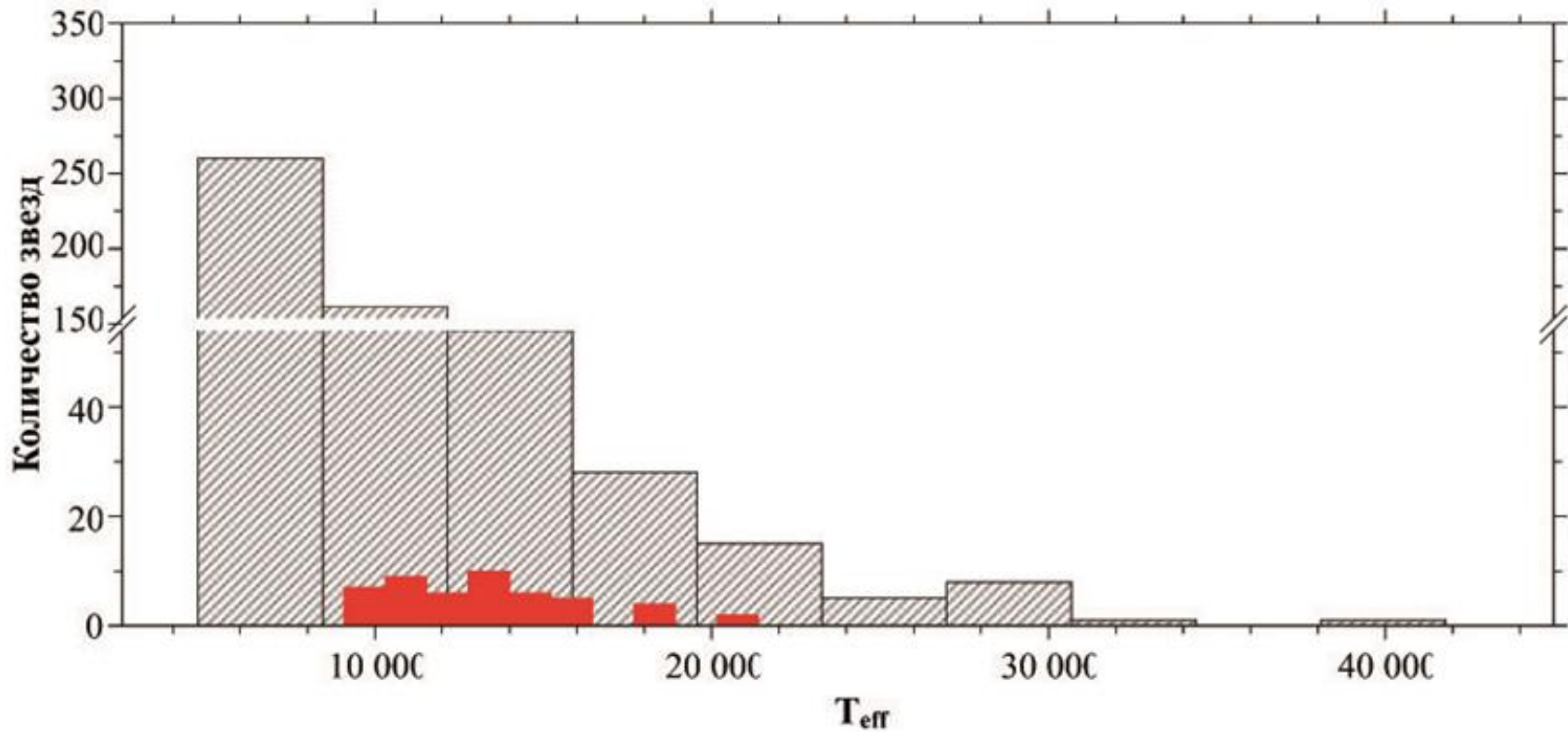
$$R/R_0 = 2 - 3$$

# 4.2 Исследование фундаментальных параметров CP-звезд ассоциации Орион OB1



$\langle v_e \sin i \rangle$  (a) =  $130 \pm 21 \text{ км с}^{-1}$      $\langle B_e \rangle = 600 \pm 150 \text{ Гс}$   
 $\langle v_e \sin i \rangle$  (b) =  $120 \pm 22 \text{ км с}^{-1}$      $\langle B_e \rangle = 1100 \pm 250 \text{ Гс}$   
 $\langle v_e \sin i \rangle$  (c) =  $65 \pm 9 \text{ км с}^{-1}$        $\langle B_e \rangle = 800 \pm 180 \text{ Гс}$

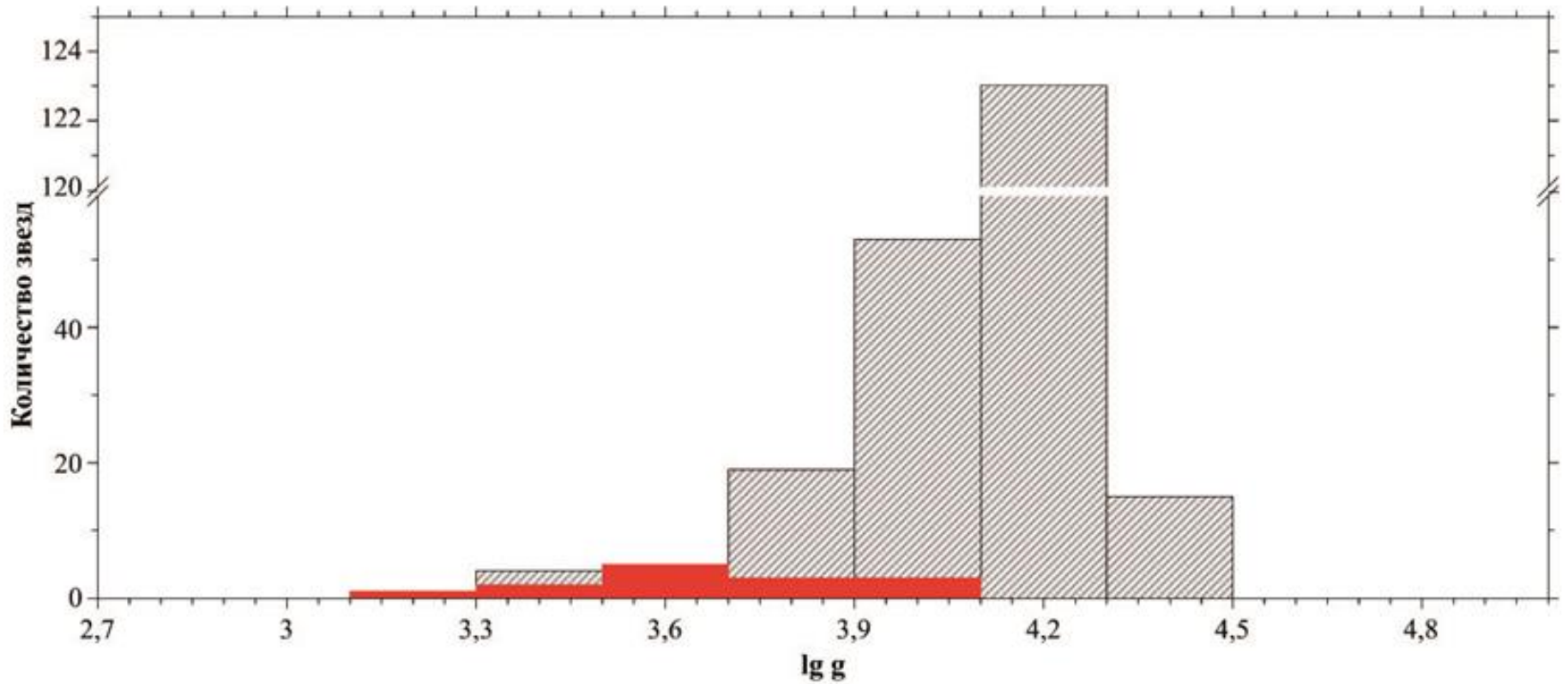
## 4.2 Исследование фундаментальных параметров CP-звезд ассоциации Орион OB1



$$T_{eff}(\text{norm}) = 6000-8000 \text{ K}$$

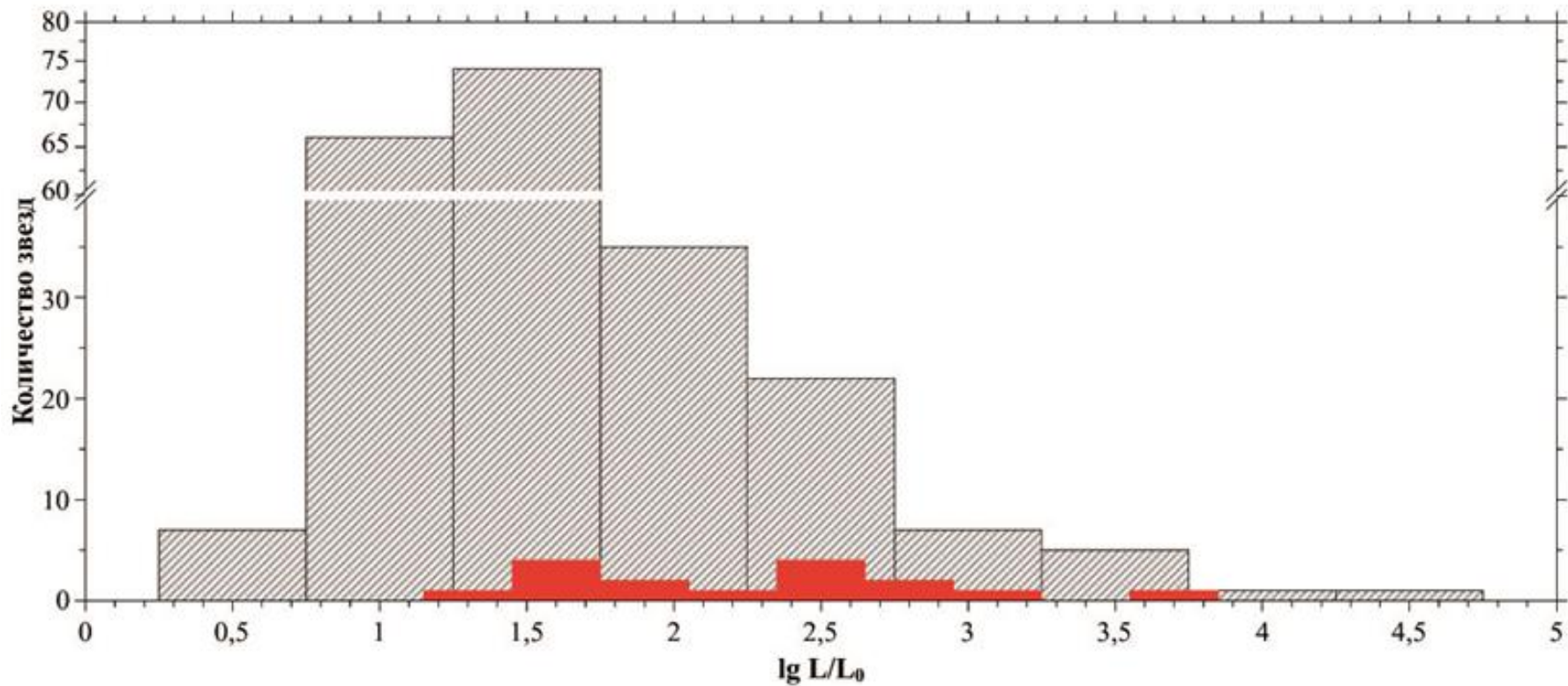
$$T_{eff}(\text{CP}) = 10000 - 14000 \text{ K}$$





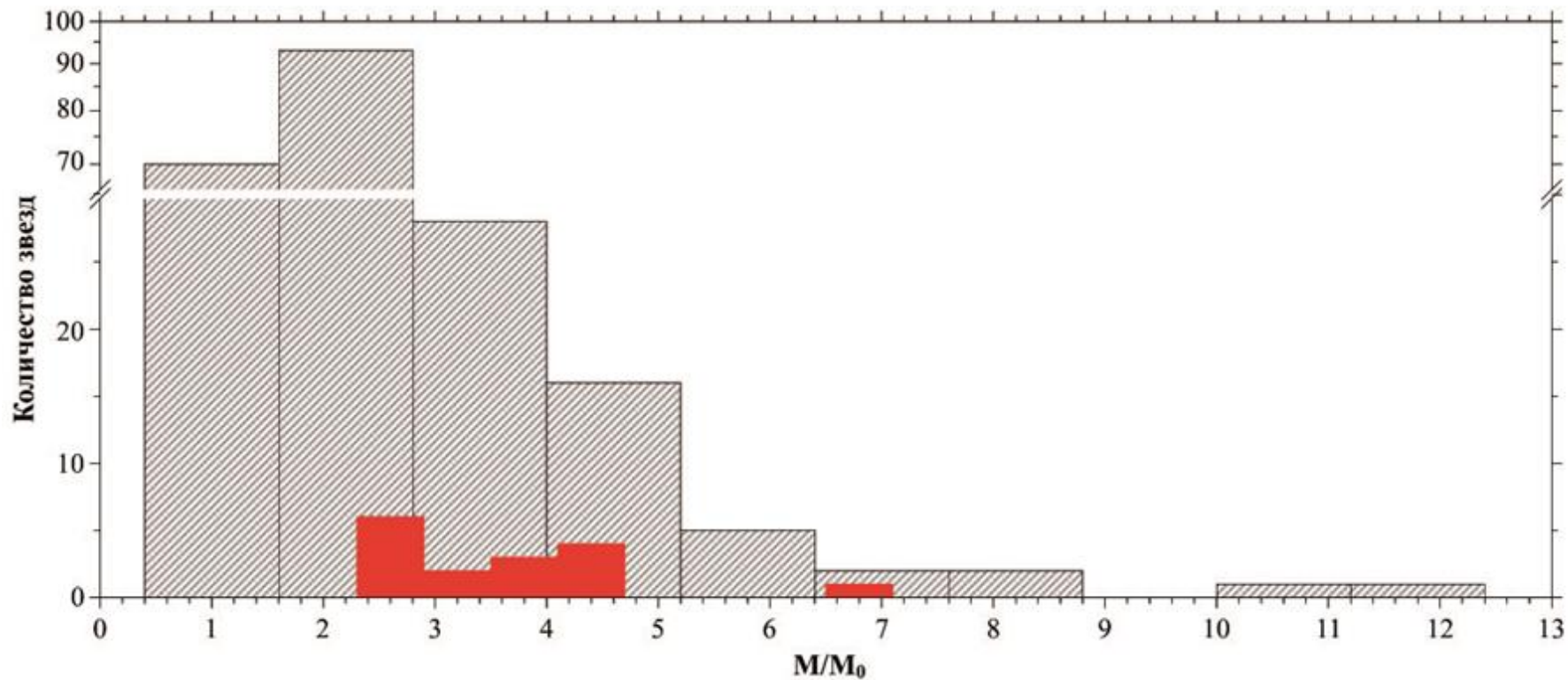
$$\lg g(\text{norm}) = 4.2$$

$$\lg g(\text{CP}) = 3.6$$



$$\lg L/L_0(\text{norm}) = 1.0 - 1.5$$

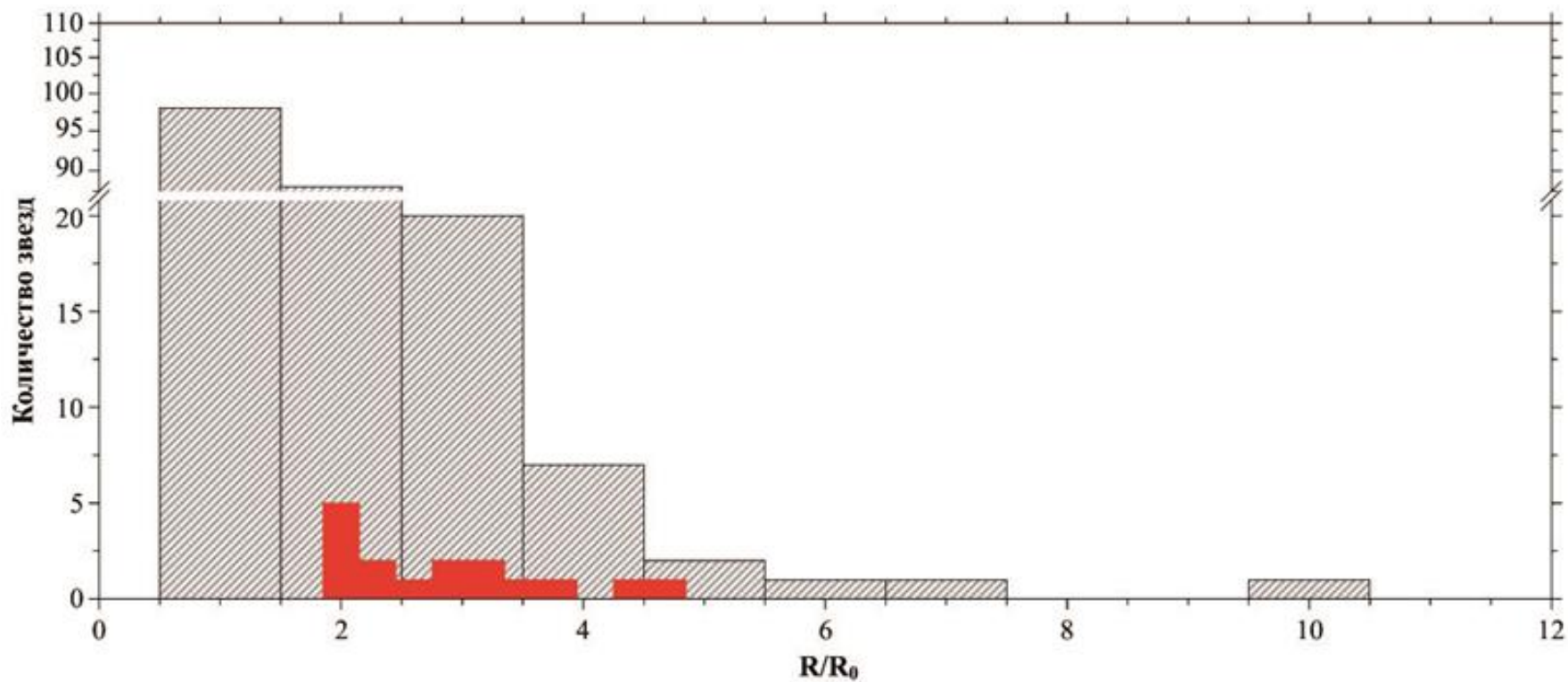
$$\lg L/L_0(\text{CP}) = 1.5 - 2.5$$



$$M/M_0(\text{CP}) = 2.4 - 3.0$$

$$M/M_0(\text{norm}) = 1.6 - 2.8$$





$$R/R_0(\text{CP}) = 1.9 - 2.5$$

$$R/R_0(\text{norm}) = 1.0 - 1.5$$

# Заключение

---

Были выполнены все цели и задачи исследования:

- ▶ всего обработано более **600** зеемановских спектров для **146** звезд, из которых **124** магнитные объекты; **59** ассоциации Орион OB1, **13** звезд детальный анализ.
- ▶ исследованы магнитные поля для **146 + 59** звезд, открыто **30** новых магнитных звезд;
- ▶ получены фундаментальные параметры для **146 + 59** звезд и построены их гистограммы распределения, проведены сравнения с параметрами нормальных звезд ассоциации Орион OB1;
- ▶ детально изучены два (HD 5601, HD 19712) интересных объекта;
- ▶ построены кривые продольного поля и изучены фундаментальные параметры для **11** mCP-звезд ассоциации Орион OB1.

# Апробация работы

---

**1. Конкурс-конференция // Нижний Архыз // 05.02.2016 г.**

Определение фундаментальных параметров CP-звезд по наблюдениям 2009 года

**2. Stars: from collapse to collapse // Нижний Архыз // 3-7.10.2016 г.**

Determination of Fundamental Parameters of New mCP Stars

**3. Конкурс-конференция // Нижний Архыз // 08.02.2017 г.**

Определение фундаментальных параметров CP-звезд по наблюдениям 2010 года

**4. Stellar Magnetism: Challenges, Connections, and Prospects. 14th Potsdam Thinkshop!  
// Telegrafenberg, Potsdam, DE // 12-16.06.2017**

Determination of Fundamental Parameters of mCP Stars in association Orion OB1

## **Будущие конференции, в которых подтверждено участие**

**1. Звезды, планеты и их магнитные поля // Санкт-Петербург // 17-21.09.2018 г.**

Определение фундаментальных параметров звезд по наблюдениям на 6-м телескопе БТА

**2. Physics of Magnetic Stars // Нижний Архыз // 1-5.10.2018**

Determination of CP stars in association Orion OB1

# Список публикаций автора

---

## Indo-Russian Collaboration:

- ▶ 1. Joshi, S; Semenko, E; Moiseeva, A; Joshi, G.; Joshi, Y.; Sachkov, M.

Photometric and Spectroscopic Analysis of CP Stars Under Indo-Russian Collaboration // ASP, v. 494, p.210 (2015)

- ▶ 2. Joshi. S; Semenko, E.; Moiseeva. A.; Sharma, K.; Joshi, Y.; Sachkov, M.; Singh, H.; Yerra, B.

High-resolution Spectroscopy and Spectropolarimetry of Selected  $\delta$ -Sct Pulsating Variables // MNRAS, v. 467, n. 1, p.633-645 (2017)

## Исследование архивного материала, полученного на ОЗСП:

- ▶ 3. Romanyuk, I. I.; Semenko, E. A.; Kudryavtsev, D. O.; Moiseeva, A. V.

Results of magnetic field measurements performed with the 6-m telescope. IV. Observations in 2009 // Astrophysical Bulletin, v. 71, n. 3, pp.327-340 (2016)

- ▶ 4. Romanyuk, I. I.; Semenko, E. A.; Kudryavtsev, D. O.; Moiseeva, A. V.; Yakunin, I. A.

Results of magnetic field measurements performed with the 6-m telescope. IV. Observations in 2010 // Astrophysical Bulletin, v. 72, Issue 4, pp.391-410 (2017)

- ▶ 5. Romanyuk, I. I.; Semenko, E. A.; Moiseeva, A. V.; Kudryavtsev, D. O.; Yakunin, I. A.

Results of Magnetic-Field Measurements with the 6-m Telescope. V. Observations in 2011 // Astrophysical Bulletin, v. 73, Issue 2, pp.178-200 (2018)

## Детальные исследования химически-пекулярных звезд:

- 6. Romanyuk, I. I.; Kudryavtsev, D. O.; Semenko, E. A.; Moiseeva, A. V.

Magnetic stars with wide depressions in the continuum. 1. The Ap star with strong silicon lines HD5601 // *Astrophysical Bulletin*, v. 71, n. 4, pp.447-452 (2016)

- 7. Moiseeva, A. V.; Romanuyk, I. I.; Semenko, E. A.

Determination of Fundamental Parameters of New mCP Stars // *Stars: From Collapse to Collapse*, Proceedings of a : Astronomical Society of the Pacific, p.237 (2017)

## Исследование химически-пекулярных звезд ассоциации Орион OB1:

- 8. Romanyuk, I. I.; Semenko, E. A.; Yakunin, I. A.; Kudryavtsev, D. O.; Moiseeva, A. V.

Magnetic field of CP stars in the Ori OB1 association. I. HD35456, HD35881, HD36313 A, HD36526 // *Astrophysical Bulletin*, v. 71, n. 4, pp.436-446 (2016)

- 9. Romanyuk, I. I.; Semenko, E. A.; Yakunin, I. A.; Kudryavtsev, D. O.; Moiseeva, A. V.

Magnetic field of CP stars in the Ori OB1 association. II. HD36540, HD36668, HD36916, HD37058 // *Astrophysical Bulletin*, v. 72, n. 2, pp. 165-177 (2017)

- 10. Romanyuk, I. I.; Semenko, E. A.; Yakunin, I. A.; Kudryavtsev, D. O.; Moiseeva, A. V.

Magnetic chemically peculiar stars in the Orion OB1 association // *Astronomische Nachrichten*, vol. 338, issue 8, pp. 919-925 (2017)

- 11. Romanyuk, I. I.; Semenko, E. A.; Moiseeva, A. V.; Yakunin, I. A.; Kudryavtsev, D. O.

Magnetic fields of CP-stars in association OB1. III. Stars of Orion OB1 group (a) // *Astrophysical Bulletin* (in print)



# Спасибо за внимание!



Photo Semenko E.A.