Поиск теплового пояса жизни для экзопланетных систем

Автор:Кали Куралай 2курс
Студентка КазНу им.Аль-фараби
Физико-технический факультет

Актуальность работы:

Различные планеты экзопланетных систем движутся на разных расстояниях от звезды и получают неодинаковое количество тепловой энергии. В связи с этим, в экзопланетной системе может быть выделен своеобразный тепловой пояс жизни. Тепловой пояс жизни определяется тепловыми условиями, при которых на поверхности планет могут существовать живые организмы земного типа.

Цель работы:

Теоретическое обоснование существования теплового пояса жизни в экзопланетных системах; обнаружение потенциально обитаемых экзопланет.

Методы:

- 1. Вывод формулы, связывающей температуру тела с расстоянием до звезды в чернотельном приближении.

Светимость звезды: $L=4\pi R_s^2 \sigma T^4_s$,

$E = L/4\pi R^2 = 4\pi R_s^2 \sigma T^4_s / 4\pi R^2 = \sigma T^4_s R_s^2 / R^2$

$E_{погл} = \pi r^2 \sigma T^4_s R_s^2 / R^2$.

$E_{изл} = 4\pi r^2 \sigma T^4_{пл}$

.

$E_{погл} = E_{изл}$.

$$\pi r^2 \sigma T^4_s R_s^2 / R^2 = 4\pi r^2 \sigma T^4_{пл}$$

$T^4_s R_s^2 / R^2 = 4T^4_{пл}$.

Температура планет

$$T_{пл} = T_s \sqrt{\frac{R_s}{2R}}$$

- Ts – температура поверхности звезды;
- Rs – радиус звезды;
- R – радиус орбиты планеты.

Расстояние до теплового пояса жизни

$$R_n = \frac{R \times T_s^2}{2T^2_{пл}}$$

- **R – расстояние до теплового пояса жизни;**
- **T_s – температура поверхности звезды;**
- **R_s – радиус звезды, выраженный в солнечных радиусах;**
- **$T_{пл}$ – температура теплового пояса жизни.**

2. Вычисление температур поверхности планет Солнечной системы, находящихся в тепловом поясе жизни: Венера, Земля и Марс.

- Температуры планет вычисляются по формуле:

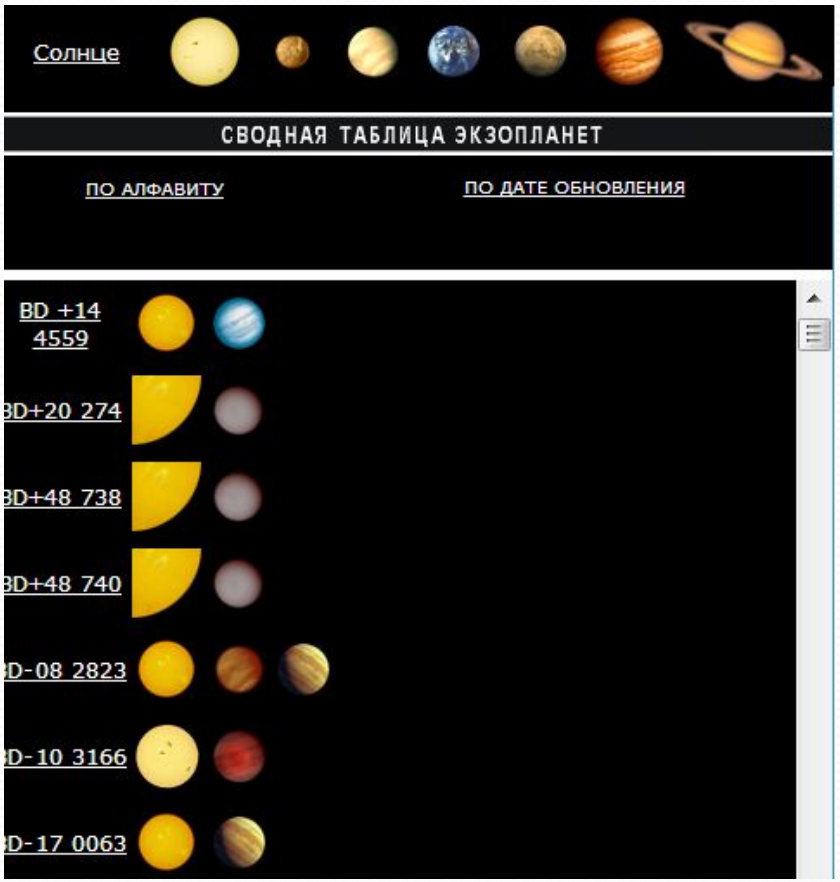
$$T_{пл} = T_s \sqrt{\frac{R_s}{2R}}$$

$$T_{Земли} = 5800 \sqrt{\frac{R_s}{2 * 215 R_s}} = 279{,}7\text{K}$$

$$T_{Марса} = 5800 \sqrt{\frac{R_s}{2 * 327 R_s}} = 229{,}9\text{K}$$

$$T_{Венеры} = 5800 \sqrt{\frac{R_s}{2 * 156 R_s}} = 332{,}9\text{K}$$

3. Выбор из банка данных характеристик родительских звезд в экзопланетных системах: Kepler – 20, Kepler – 32, Kepler – 33, HD 10180, HD 40307, HD 75732, Gliese 581, Gliese 785, Gliese 876.



Далее было осуществлено деление экзопланетных систем по трем категориям:

- 1. планеты находятся в поясе жизни;
- 2. пояс жизни находится между планетами;
- 3. пояс жизни находится за пределами планет.

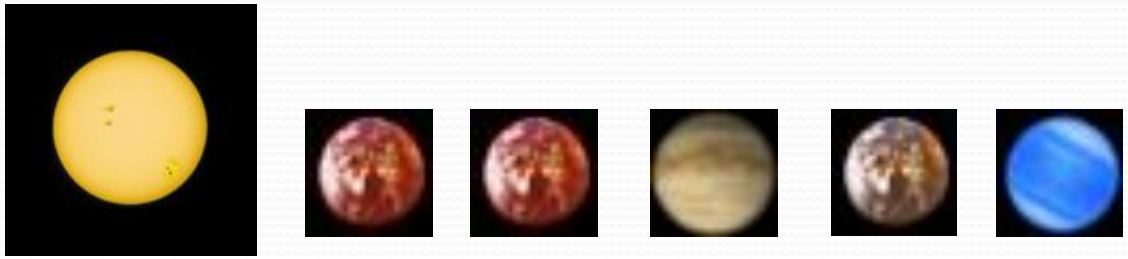
Систематизация выбранных экзопланет

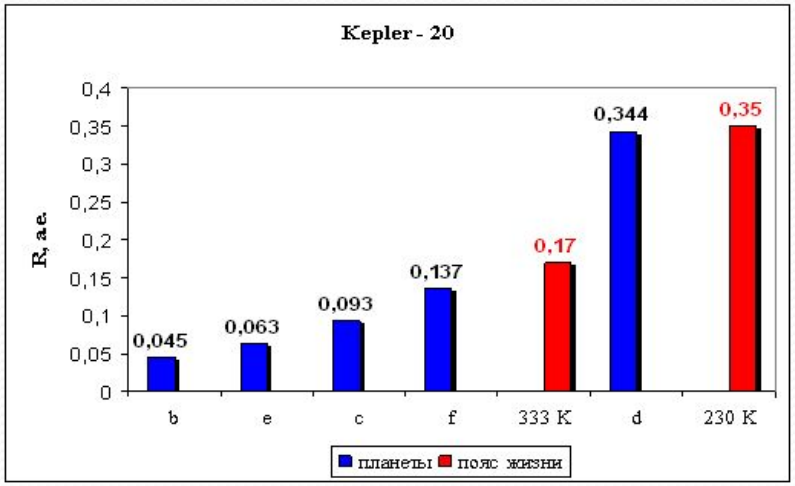
- 1. планеты находятся в поясе жизни;
- Kepler 20
- HD 10180
- HD 40307
- HD 75732
- Gliese 581

Планеты экзопланетных систем, находящиеся в поясе жизни.

планеты		большая полуось, а.е.
	Kepler-20 d открыта в 2011 году	0.045
	HD 10180 g открыта в 2010 году	1,42±0,03
	HD 40307 g (неподтв.) открыта в 2012 году	0.6±0.034
	55 Cancri f открыта в 2007 году	0.781±0.006
	Gliese 581 g (неподтв.) открыта в 2010 году	0,146

Kepler-20



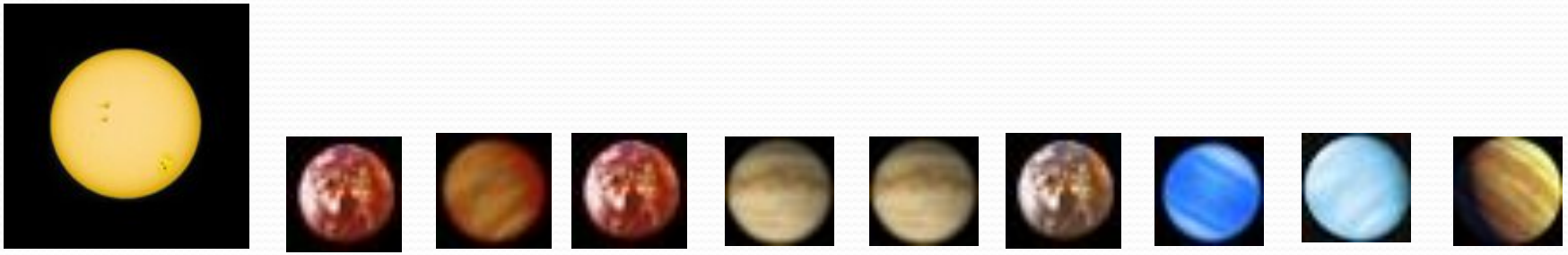


$$R_1 = \frac{0{,}944\, R \times 5466^{\,2}}{2 \times 333^{\,2}} = 127{,}2 R_s = 0{,}59\, a.e.$$

$$R_2 = \frac{0{,}944\, R \times 5466^{\,2}}{2 \times 230^{\,2}} = 266{,}2 R_s = 1{,}24\, a.e.$$

Рис. 6. для экзопланетной системы Kepler-20 тепловой пояс

HD 10180



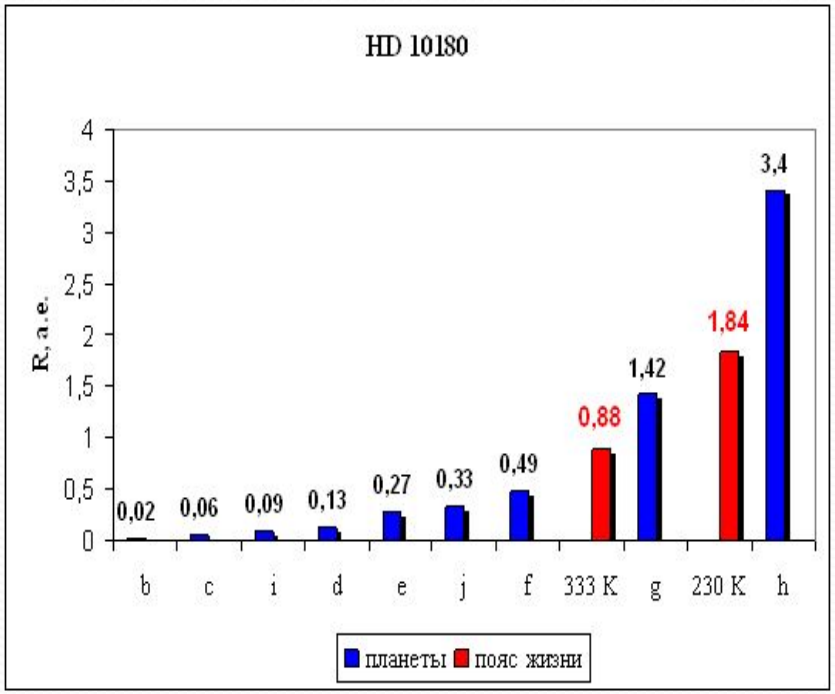
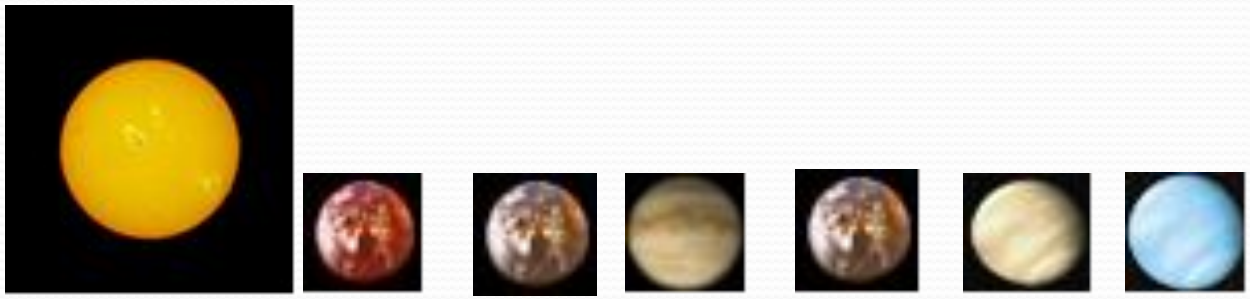


Рис. 9. Тепловой пояс для экзопланетной системы HD 10180

$$R_1 = \frac{1{,}2R \times 5911^{\,2}}{2 \times 333^{\,2}} = 189{,}05\,R_s = 0{,}88\,a.e.$$

$$R_2 = \frac{1{,}2R \times 5911^{\,2}}{2 \times 230^{\,2}} = 396{,}29\,R_s = 1{,}84\,a.e.$$

HD 40307



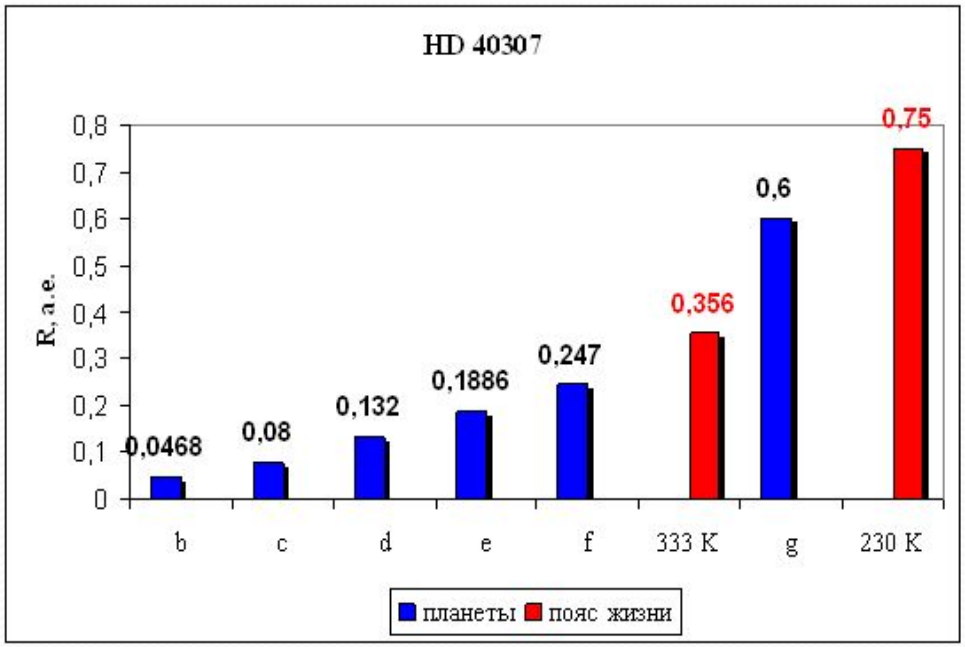
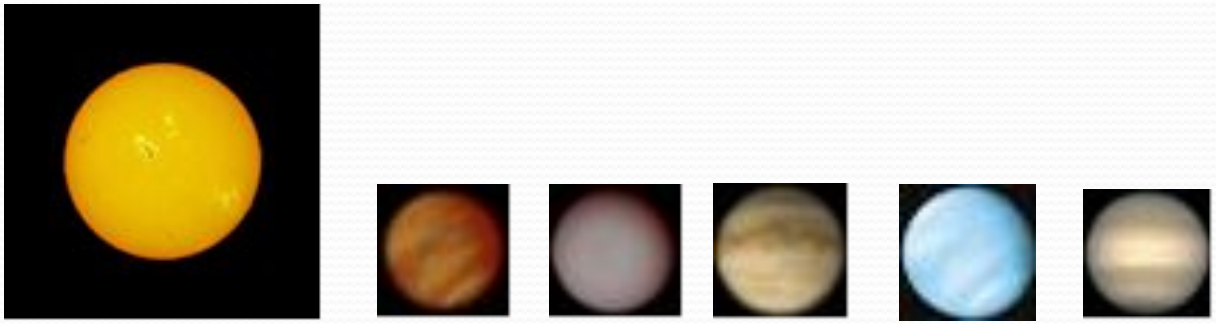


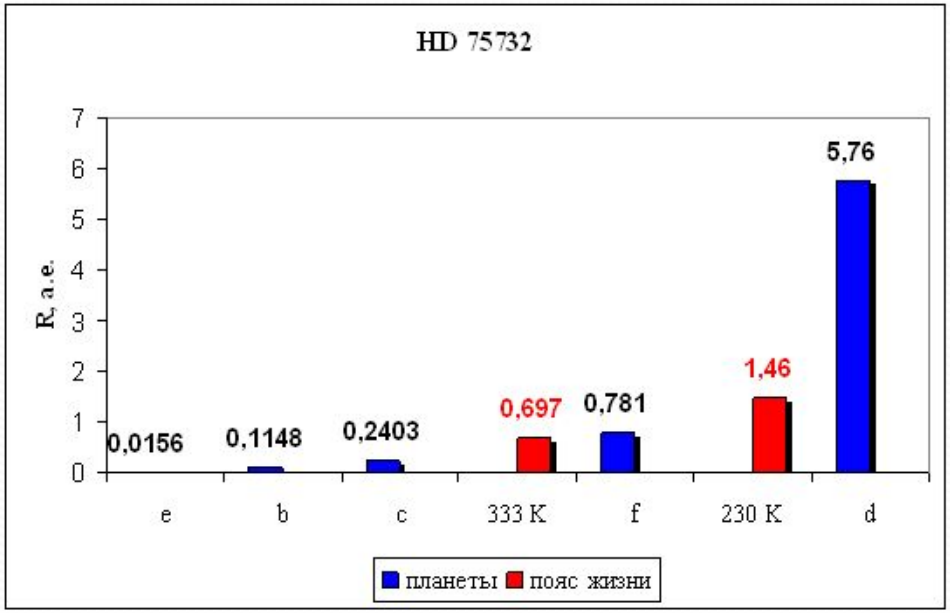
Рис. 10. Тепловой пояс для экзопланетной системы HD 40307

$$R_1 = \frac{0{,}716\,R \times 4870^{\,2}}{2 \times 333^{\,2}} = 76{,}57\,R_s = 0{,}356\,a.e.$$

$$R_2 = \frac{0{,}716\,R \times 4870^{\,2}}{2 \times 230^{\,2}} = 160{,}5 R_s = 0{,}75\,a.e.$$

HD 75732





$$R_1 = \frac{1{,}152\, R \times 5373^{\,2}}{2 \times 333^{\,2}} = 149{,}96\, R_s = 0{,}6976\ a.e.$$

$$R_2 = \frac{1{,}152\, R \times 5373^{\,2}}{2 \times 230^{\,2}} = 314{,}32\, R_s = 1{,}46\, a.e.$$

Рис. 11. Тепловой пояс для экзопланетной системы HD 75732

Gliese 581

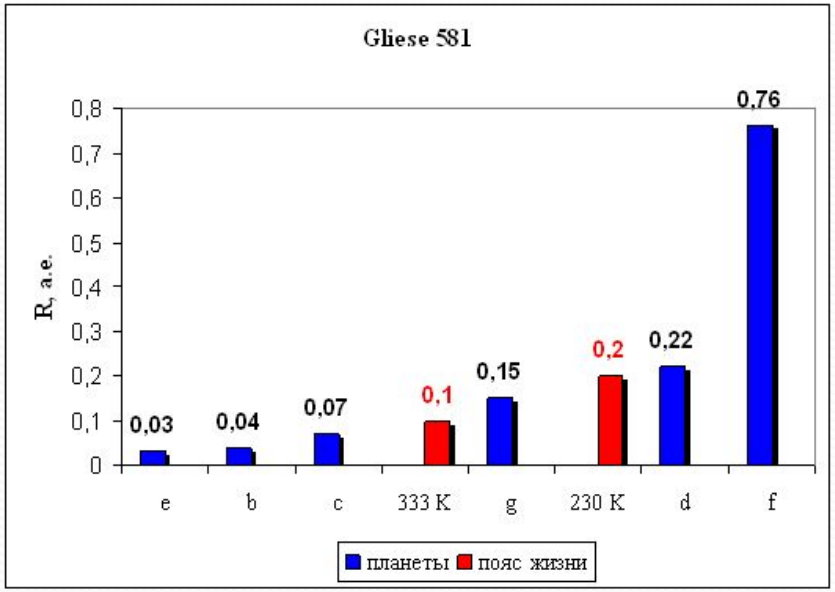


Рис. 12. Тепловой пояс для экзопланетной системы Gliese 581

$$R_1 = \frac{0{,}38\,R \times 3480^{\,2}}{2 \times 333^{\,2}} = 20{,}75\,R_s = 0{,}097\ a.e.$$

$$R_2 = \frac{0{,}38\,R \times 3480^{\,2}}{2 \times 230^{\,2}} = 43{,}5\,R_s = 0{,}20\,a.e.$$

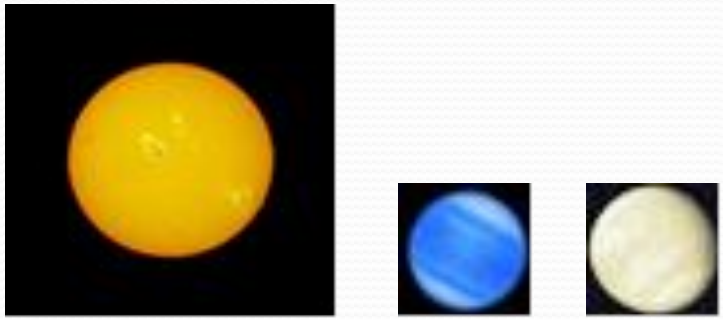
Систематизация выбранных экзопланет

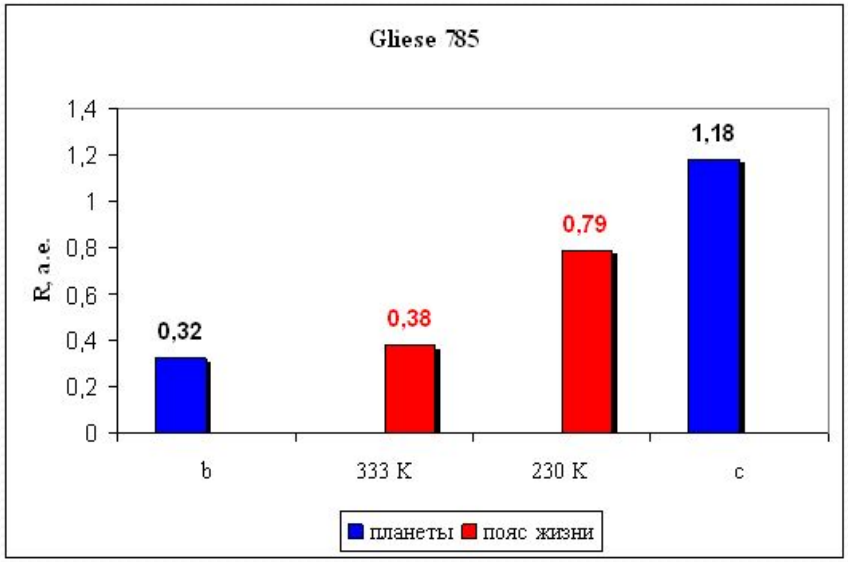
- 2. пояс жизни находится между планетами;
- Gliese 785
- Gliese876

Пояс жизни находится между планетами

Планеты		большая полуось, а.е.
	GJ 785 b открыта в 2010 году	0.32±0.005
	GJ 785 c открыта в 2011 году	1.18±0.025
	Gliese 876 d открыта в 2005 год	0.021±0.001
	Gliese 876 c открыта в 2000 году	0.132
	Gliese 876 b открыта в 2000 году	0.211
	Gliese 876 e **открыта в 2010 году**	0.3343±0.0013

Gliese 785





$$R_1 = \frac{0,68\,R \times 5144^{\,2}}{2 \times 333^{\,2}} = 81,13\,R_s = 0,38\,a.e.$$

$$R_2 = \frac{0,68\,R \times 5144^{\,2}}{2 \times 230^{\,2}} = 170,05\,R_s = 0,79\,a.e.$$

Рис. 13. Тепловой пояс для экзопланетной системы Gliese 785

Gliese 876

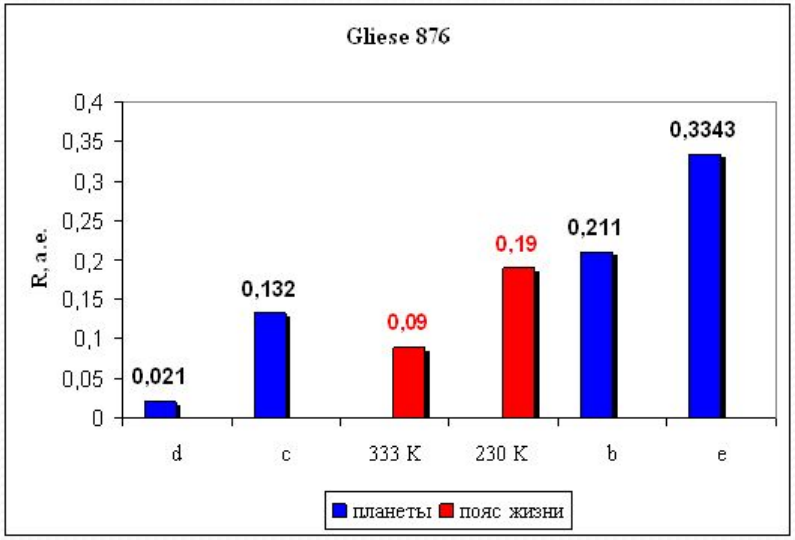


Рис. 14. Тепловой пояс для экзопланетной системы Gliese 876

$$R_1 = \frac{0{,}36\,R \times 3480^{\,2}}{2 \times 333^{\,2}} = 19{,}66\,R_s = 0{,}09\,a.e.$$

$$R_2 = \frac{0{,}36\,R \times 3480^{\,2}}{2 \times 230^{\,2}} = 41{,}21\,R_s = 0{,}19\,a.e.$$

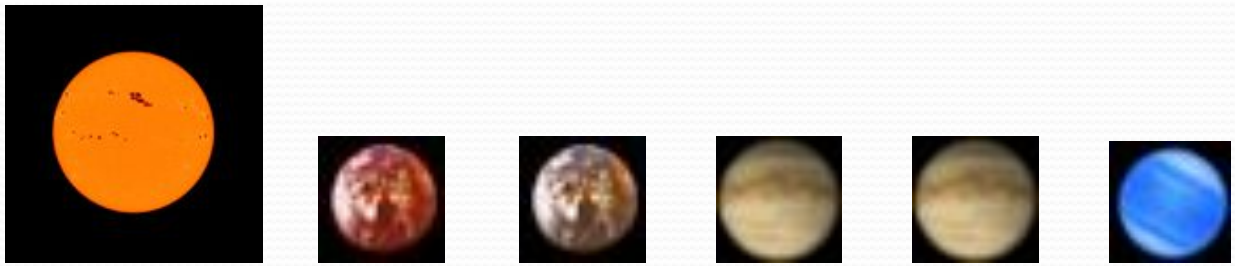
Систематизация выбранных экзопланет

- 3. пояс жизни находится за пределами планет.
- Kepler 32
- Kepler 33

Пояс жизни находится за пределами планет.

планеты		большая полуось, а.е.
	Kepler-32 f открыта в 2012 году	0.013
	Kepler-32 e открыта в 2012 году	0.0323±0.0005
	Kepler-32 b открыта в 2012 году	0.0519±0.0008
	Kepler-32 c открыта в 2012 году	0.067±0.001
	Kepler-32 d открыта в 2012 году	0.128±0.002
	Kepler-33 b открыта в 2012 году	0.0677±0.0014
	Kepler-33 c открыта в 2012 году	0.1189±0.0025
	Kepler-33 d открыта в 2012 году	0.1662±0.0035
	Kepler-33 e открыта в 2012 году	0.2138±0.0045
	Kepler-33 f открыта в 2012 году	0.2535±0.0054

Kepler - 32



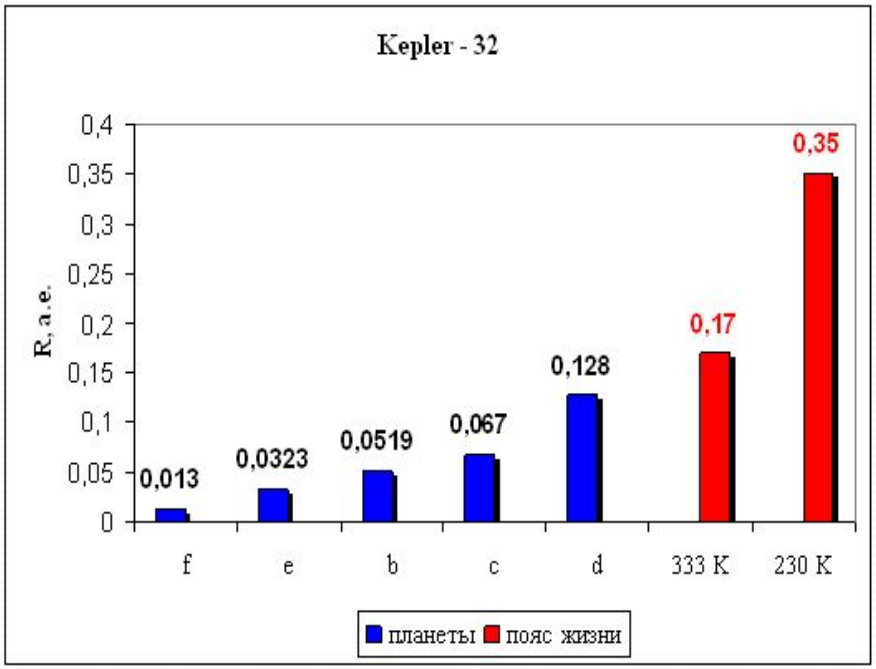
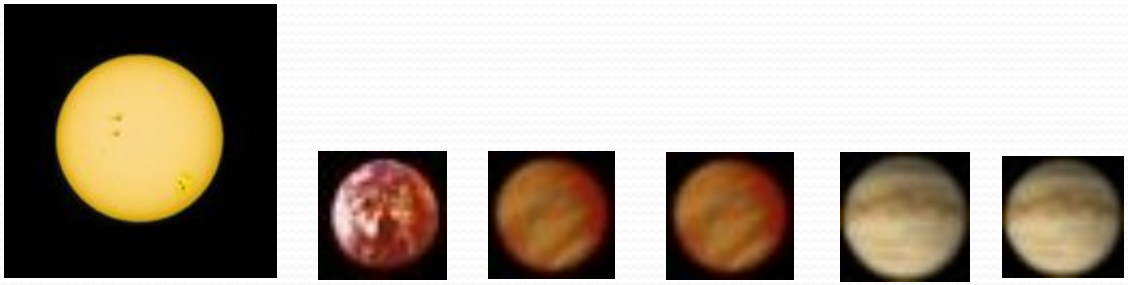


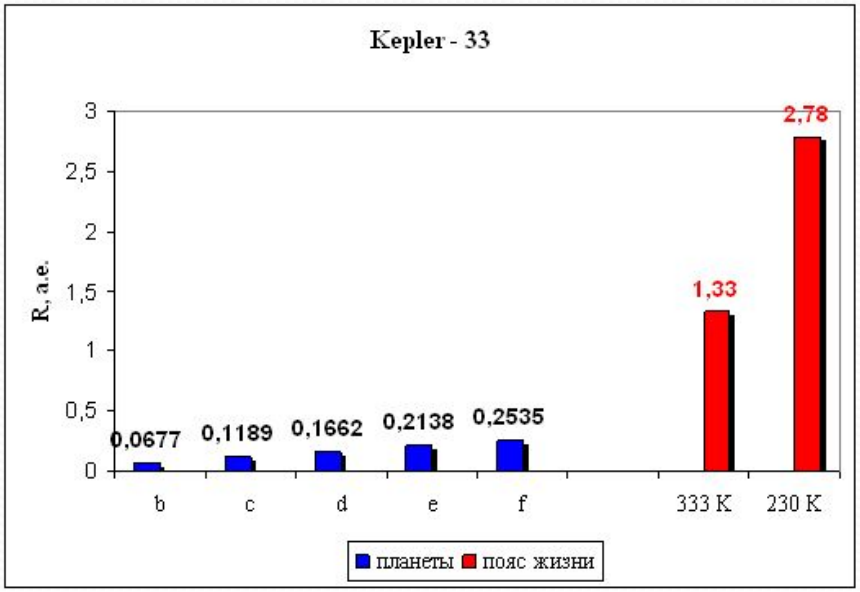
Рис. 7. Тепловой пояс для экзопланетной системы Kepler-32

$$R_1 = \frac{0{,}53\,R \times 3900^{\,2}}{2 \times 333^{\,2}} = 36{,}3 R_s = 0{,}17\,a.e.$$

$$R_2 = \frac{0{,}53\,R \times 3900^{\,2}}{2 \times 230^{\,2}} = 76{,}0 R_s = 0{,}35\,a.e.$$

Kepler - 33





$$R_1 = \frac{1{,}82\,R \times 5904^{\,2}}{2 \times 333^{\,2}} = 286{,}0\,R_s = 1{,}33\,a.e.$$

$$R_2 = \frac{1{,}82\,R \times 5904^{\,2}}{2 \times 230^{\,2}} = 599{,}6\,R_s = 2{,}78\,a.e.$$

Рис. 8. Тепловой пояс для экзопланетной системы Kepler-33

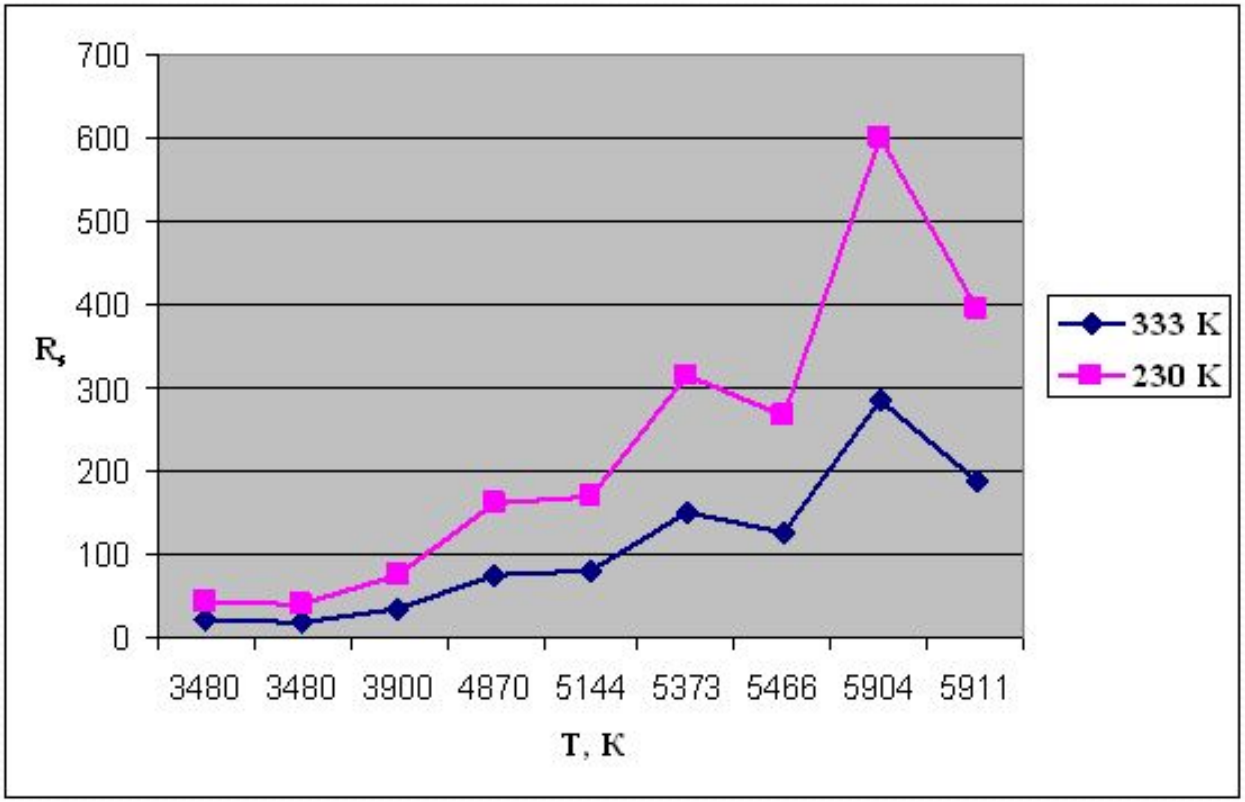


Рис. 15. Зависимость расстояний (в солнечных радиусах) до теплового пояса от температуры родительских звезд.

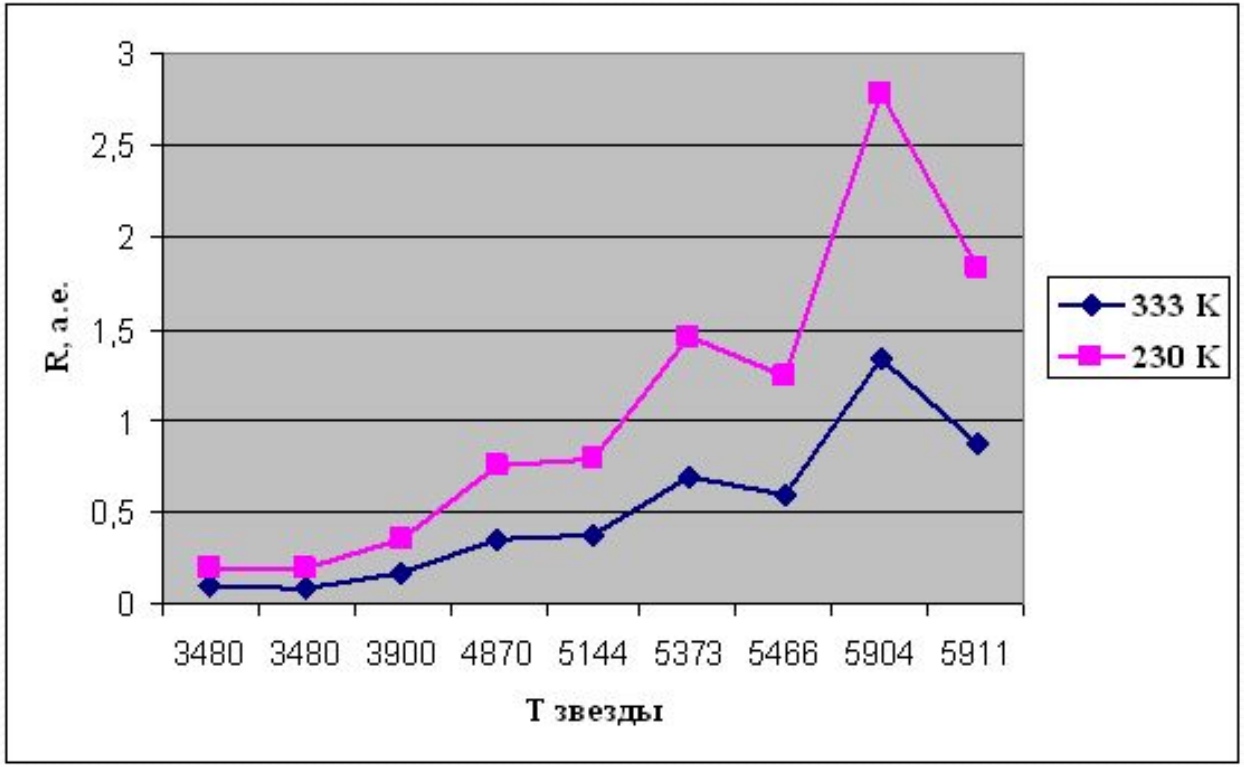


Рис. 16. Зависимость расстояний (в астрономических единицах) до теплового пояса от температуры родительских звезд.

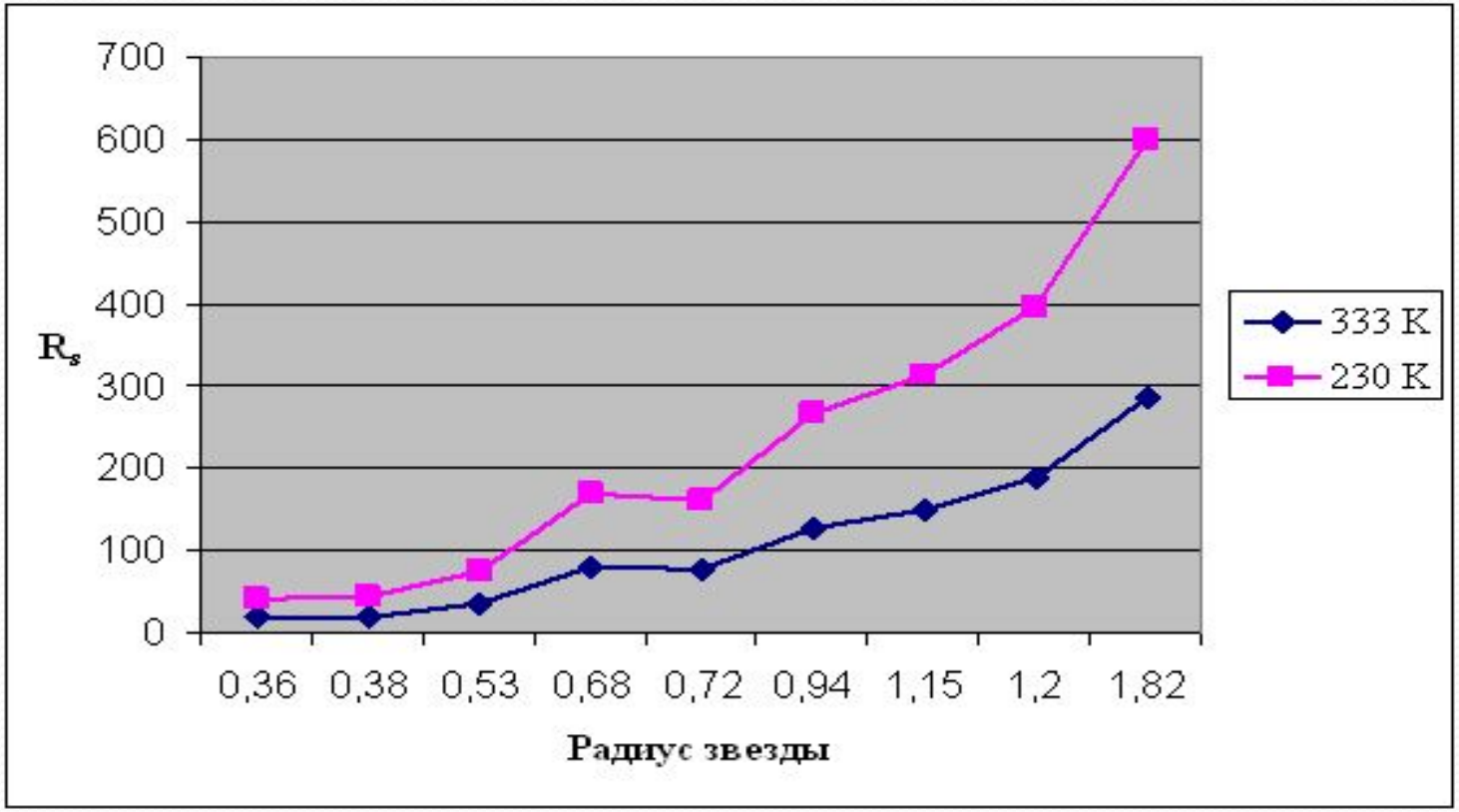


Рис. 17. Зависимость расстояний (в солнечных радиусах) до теплового пояса от радиуса родительских звезд.

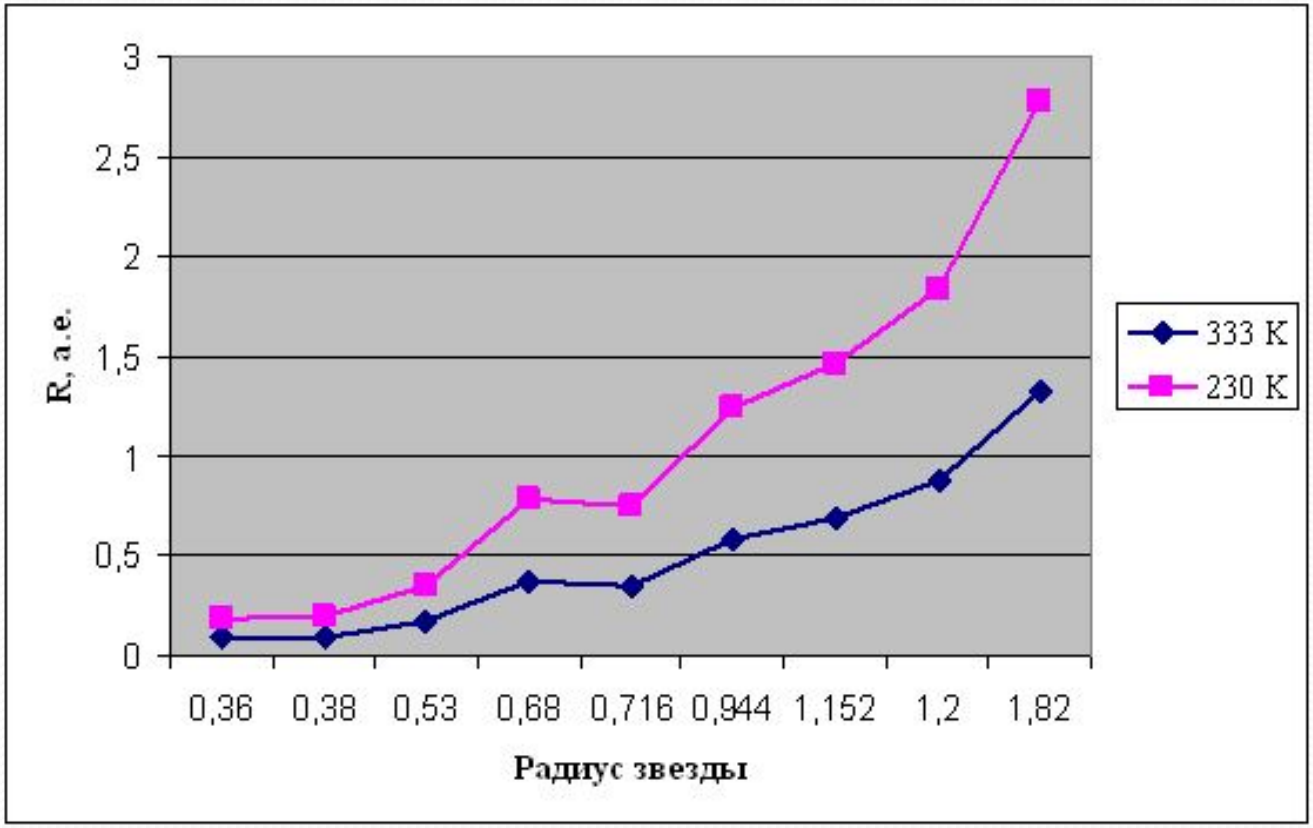


Рис. 18. Зависимость расстояний (в астрономических единицах) до теплового пояса от радиуса родительских звезд.

Выводы:

- 1. Определены расстояния от каждой из выбранных девяти родительских звезд до теплового пояса жизни.
- 2. Вычисление расстояний от центра родительской звезды, на которых температурный режим будет аналогичен земному режиму, позволил определить протяженность теплового пояса жизни и реально существующие планеты в поясе жизни для экзопланетных систем.
- 3. Полученные результаты представляют самостоятельный интерес для науки и могут быть использованы в астрофизике.

Спасибо за внимание!