



конференция

Горизонты астрономии и *SETI*
Нижний Архыз, 26-30 сентября 2005 года



100 ЗВЕЗД и ВЦ где Они?

Авторы доклада:

**Н.С.Кардашев, М.Ю.Тимофеев (АКЦ ФИАН),
Л.М.Гиндилис, А.И.Захаров, М.М.Кацова, К.В.Куимов, А.В.Миронов,
А.С.Расторгуев, Г.М.Рудницкий, В.Г.Сурдин, А.М.Черепашук (ГАИШ),
Л.Н.Филиппова (НКЦ SETI).**



**Признаки наличия высокоразвитой
технологической цивилизации.**

**Наличие избытка излучения в
интервале длин волны**

$$10 \text{ мкм} < \lambda < 10 \text{ мм},$$

что соответствует веществу с

$$T = 300 \text{ К и менее.}$$

(Астроинженерная конструкция).

*Данные об инфракрасных потоках можно найти в
каталогах IRAS (1988) и 2MASS (2004).*

**Признаки наличия высокоразвитой
технологической цивилизации.**

**Наличие радиоизлучения в
метровом и сантиметровом
диапазоне, существенно
превышающего по мощности
радиопоток от Солнца.**

**(Искусственные
радиопередатчики)**

*Данные о радиоизлучении можно найти, например, в
каталоге NVSS: 1,4 ГГц (21см).*

Основные представления об астроинженерных конструкциях.

Астроинженерные конструкции могут быть видны как источники чернотельного излучения с максимумом в диапазоне 10 мкм – 10 мм.

ВАЖНО!

Л. Содерблом (1986)

Для развития высокотехнологической цивилизации требуется не менее 3 миллиардов лет.

Поиск астроинженерных конструкций.

Кардашев и др. (1994) :

3000 ярчайших точечных объектов каталога IRAS, расположенных в направлении галактических полюсов, показывают бимодальное распределение по температуре с максимумами при 110-120 К и 280-290 К

Поиск астроинженерных конструкций.

Тимофеев и др. (2000): На основе базы данных IRAS составлен список из 38 объектов, которые имеют распределение энергии в спектре близкое к чернотельному с максимумом излучения, соответствующим температуре 110-120 или 280-290 К.

Поиск астроинженерных конструкций.

Яркие источники

IRAS 10216–5737

IRAS 13129–6211

IRAS 19205+1358

не отождествлены с оптическими звездами.

Они могут являться АК, которые полностью экранируют излучение звезды.

Списки кандидатов для поиска ВЦ. Поиск астроинженерных конструкций.

Югаку и др. (1995, 1997, 2002)

**Для выборки объемом 365 звезд солнечного типа
рассмотрели звезды
не было обнаружено признаков сфер Дайсона.
спектральных классов F, G, K**

и классов светимости IV, V и VI,

на расстояниях менее 25 пк от Солнца

Критерий : [K]–[12],

[K] — зв. величина в полосе K (2,2 мкм),

[12] — зв. величина на длине волны

12 мкм (IRAS),

**Списки кандидатов для поиска ВЦ.
Поиск астроинженерных конструкций.**

Чарли Конрой (2004) :

Рассмотрел 1000 звезд до 50 парсек от Солнца с низкой хромосферной активностью H и K Call.

Возраст > 1 миллиарда лет.

Величины K — из каталога 2MASS,

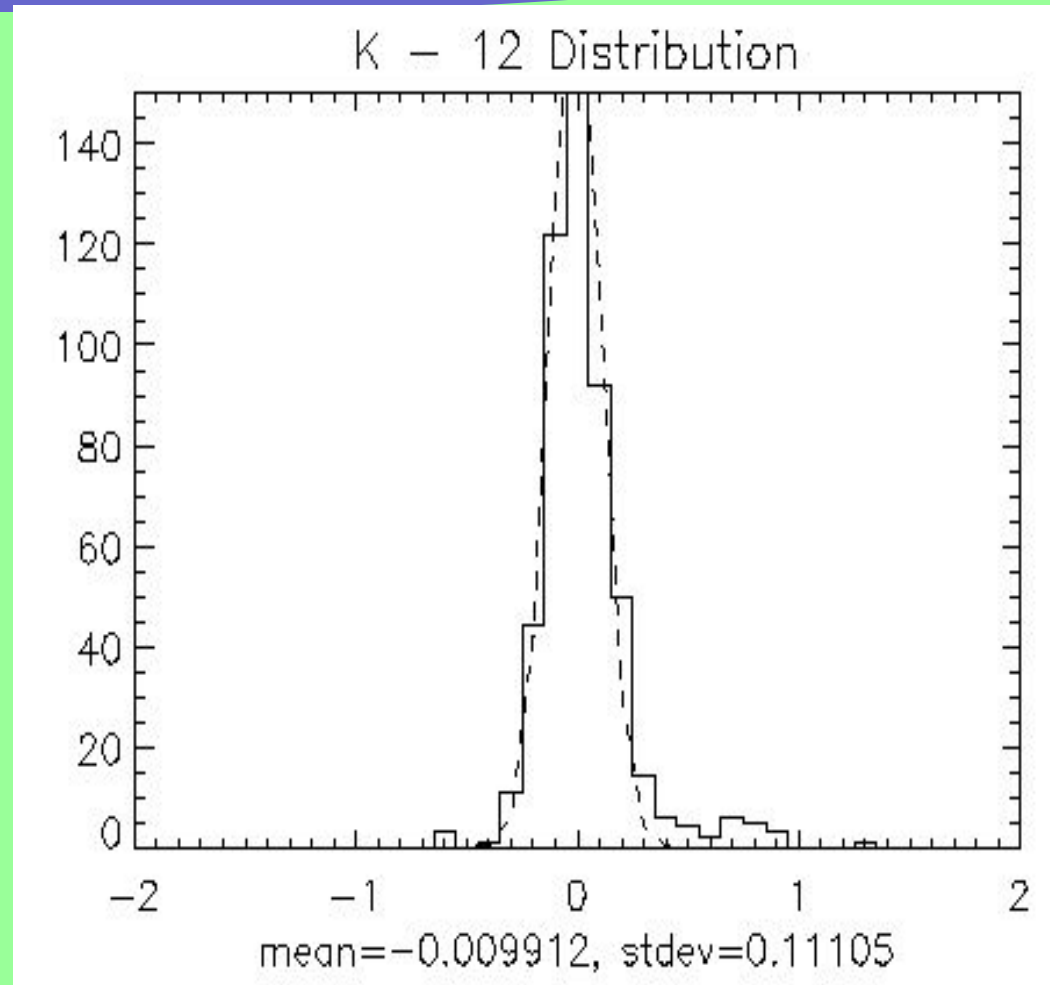
[12] — из каталога точечных источников

IRAS.

Списки кандидатов для поиска ВЦ. Поиск астроинженерных конструкций.

Ч. Конрой:

В распределении по показателю цвета [K]–[12] есть небольшой избыток звезд при $[K] - [12] \approx +0,6$. Это может соответствовать компоненте чернотельного излучения с $T \approx 300$ К.



Ожидаемые параметры астроинженерных конструкций с расстояния $D = 7$ пк.

Температура	Светимость	Радиус	Угловой диаметр	
T_{AK} (К)	L/L_{Sun}	$R=(L/4\pi\sigma)^{1/2}T^{-2}$	$\Theta = 2R/D$	
Модель 1 (Сфера, излучающая изотропно как черное тело при температуре 300К и солнечной светимости, с расстояния 7 пк).				
300	1	$2,63 \cdot 10^{13}$ см	0,5''	
<i>Спектральная плотность потока изл-я $F_v = B_v \pi R^2/D^2$ (Ян)</i>				
10 мкм	100 мкм	1 мм	1 см	10 см
1500	300	3,7	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$

Ожидаемые параметры астроинженерных конструкций с расстояния $D = 7$ пк.

Температура	Светимость	Радиус	Угловой диаметр	
T_{AK} (К)	L/L_{Sun}	$R=(L/4\pi\sigma)^{1/2}T^{-2}$	$\Theta = 2R/D$	
Модель 2 (предположение о максимальном термодинамическом КПД и использовании криогенных технологий)				
3	1	$2,63 \cdot 10^{17}$ см	$1,3^\circ$	
<i>Спектральная плотность потока изл-я $F_v = B_v \pi R^2/D^2$ (Ян)</i>				
10 мкм	100 мкм	1 мм	1 см	10 см
0	0	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-4}$	370

Ожидаемые параметры астроинженерных конструкций с расстояния $D = 7$ пк.

Данные наблюдений, по-видимому, исключают наличие моделей 1 и 2 среди ближайших звездных систем, но оставляют возможность существования для моделей с частичным использованием оптического излучения звезд солнечного типа.

Ожидаемые параметры астроинженерных конструкций с расстояния $D = 7$ пк.

Температура	Светимость	Радиус	Диаметр	
Модель 3. (Для М-карликов минимальные светимости $L=L_{\text{sun}}/4000$, поэтому R и Θ в $4000^{0,5} \approx 60$ раз меньше, а F_v в 4000 раз меньше, чем для моделей 1 и 2.)				
1)	300	1	$4,38 \cdot 10^{11} \text{ см}$	0,008''
2)	3	1	$4,38 \cdot 10^{15} \text{ см}$	1,3'
<i>Спектральная плотность потока изл-я $F_v = B_v \pi R^2 / D^2$ (Ян)</i>				
10 мкм	100 мкм	1 мм	1 см	10 см
$3,75 \cdot 10^{-1}$	$7,5 \cdot 10^{-2}$	$9,2 \cdot 10^{-3}$	$9,5 \cdot 10^{-7}$	$9,5 \cdot 10^{-9}$
0	0	37,5	7,5	$9,3 \cdot 10^{-2}$

Ожидаемые параметры астроинженерных конструкций с расстояния $D = 7$ пк.

Планетные системы красных карликов могут быть благоприятны для жизни и могут иметь возраст более 10 миллиардов лет. Им соответствуют АК с минимальным значением потока и углового размера. Данные наблюдений оставляют возможность существования для модели 3 для ближайших звездных систем.

Потребность в новых списках для SETI.

В настоящее время в северной части Калифорнии вводится в строй телескоп «1 гектар»:

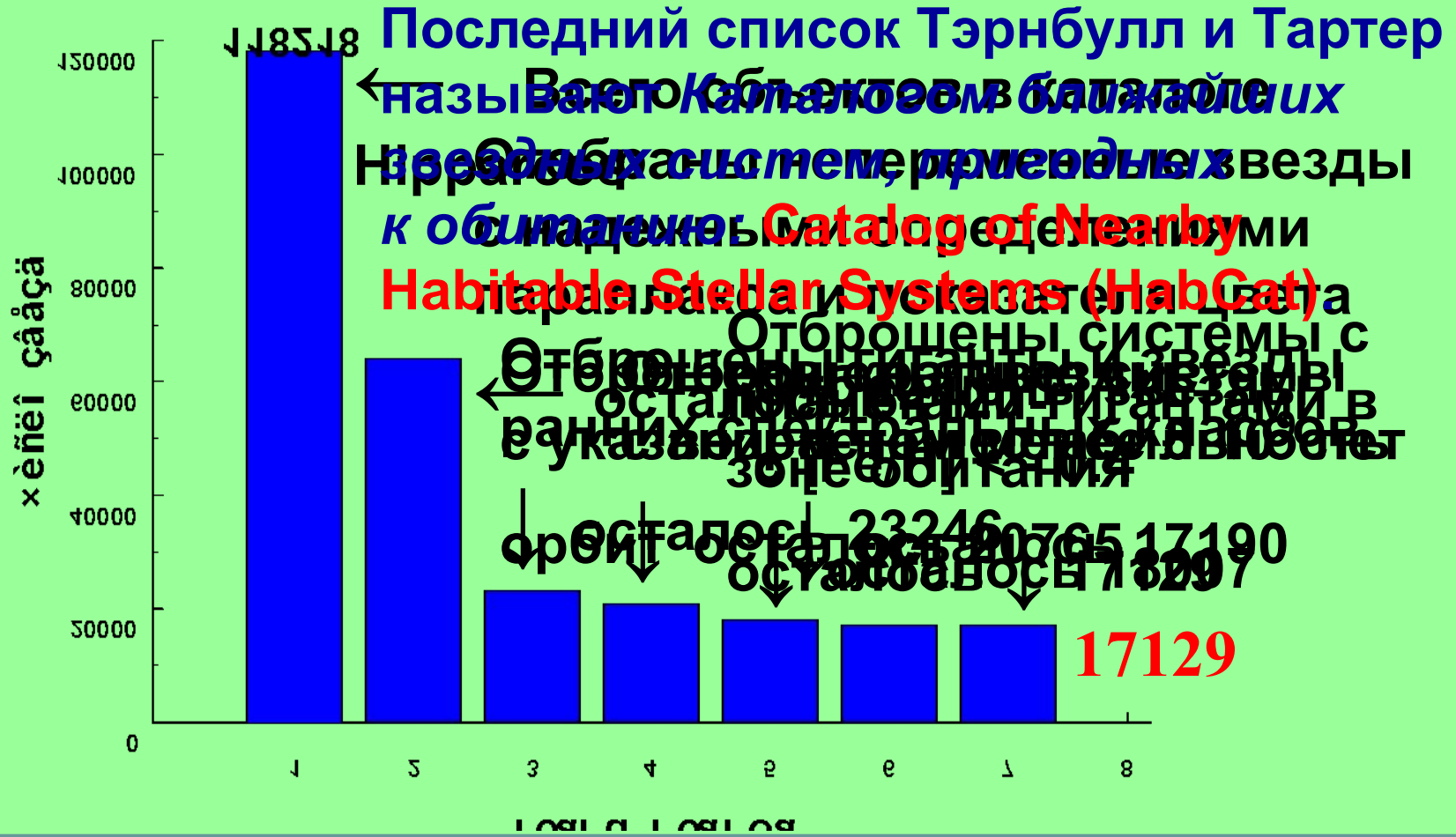
350 списками выступили американские специалисты уровня «тарелок» на площади 100×100 м. Его современное название: *Allen Telescope Array (ATA)* исследовательницы Маргарет Турбулл и Джилл Гартер. Предполагается, что он будет в состоянии за один год оценить поток радиоизлучения в интервале частот 0,5 – 11 ГГц более чем для 10 000 звезд.

Встает задача создания новых списков звезд-кандидатов для поиска признаков высокотехнологичных цивилизаций.

Списки М.Тurnbull и J.Tarter.

- Turnbull, M.C., Tarter, J.C.
Astrophys.J.Suppl.Ser. V.145. P.181.
2003.
- Turnbull, M.C., Tarter, J.C.
Astrophys.J.Suppl.Ser. V.149. P.423.
2003.

Порядок отбора кандидатов для 1-го списка Margaret Turnbull и Jill Tarter.



2-й список М.Турнбулл и J.Тартер.

2-й список основан на данных каталога *Тихо-2*, содержащего около 2,5 миллиона звезд.

Для звезд с надежными собственными движениями статистически оценена абсолютная величина

$$M = m - 5 + 5 \lg \mu.$$

Отброшены звезды ранних спектральных классов и гиганты;

Осталось 256 610;

Этот список Тэрнбулл и Тартер называют *Дополнительным списком объектов для SETI.*

3-й список M.Turnbull и J.Tarter.

Звезды каталога Hipparcos ограничены по звездной величине. T&T выдвинули в качестве кандидатов для SETI полный список звезд, входящих в

100 ближайших звездных систем.

В **100** ближайших системах содержится **157** объектов различных типов. Из них в HabCat входят только **28** объектов

157 объектов в составе 100 ближайших систем.

17 объектов не являются звездами главной последовательности.

6 коричневых карликов

8 белых карликов

3 три внесолнечные планеты-гиганты.

17 объектов, не имеют надежно установленного спектрального класса, по-видимому все они — карлики

классе M_0

20 % — A0-K5.

80 % — K6-M9.

На долю этих 80 % красных звезд приходится более 50% массы и менее 0,5 % светимости.



Значение систем с красными карликами.

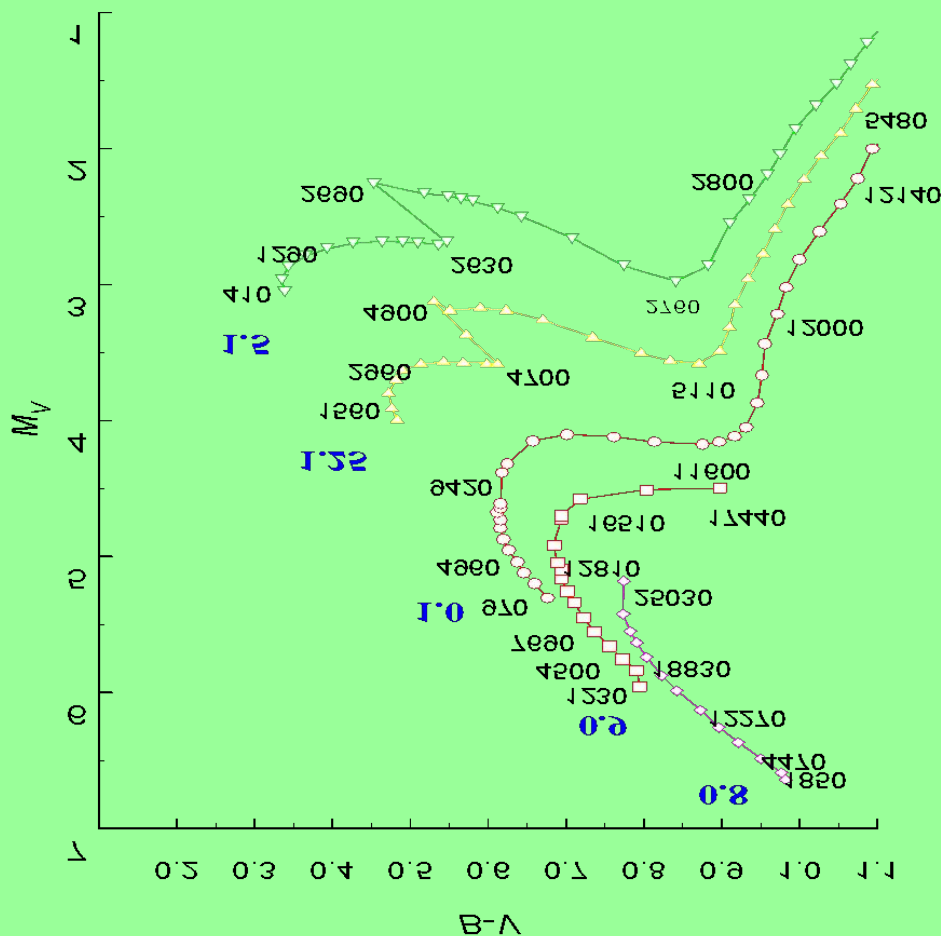
Общее количество М-карликов весьма велико.

Возможностей для существования высоко-технологичных цивилизаций в системах звезд наиболее поздних спектральных классов гораздо меньше, чем в системах звезд G, так как ширина зоны обитания в системах поздних карликов мала и, следовательно, мала вероятность нахождения там землеподобной планеты. Однако большое число таких систем в некоторой степени компенсирует этот эффект.

Хороши ли ближайшие звезды как объекты для поиска технологических ВЦ ?

Нужно отобрать звезды с возрастом свыше 3 миллиардов лет.

Эволюционные треки карликов более поздних, чем F5, в течение первых 3 миллиардов лет эволюционируют вдоль главной последовательности, поэтому невозможно различить эффекты возраста и массы.



Косвенные характеристики карликов большого возраста.

1. малая скорость осевого вращения;
2. низкий уровень хромосферной активности :
(отсутствие сильных эмиссий в линиях Н и К CaII, в бальмеровских линиях водорода и других линиях);
3. пониженная металличность;
4. высокая популяционная скорость;
5. низкий уровень коронального и рентгеновского излучения;
и т.п.

Эти критерии (кроме 1-го)

являются статистическими и не

могут однозначно

указывать на возраст конкретной

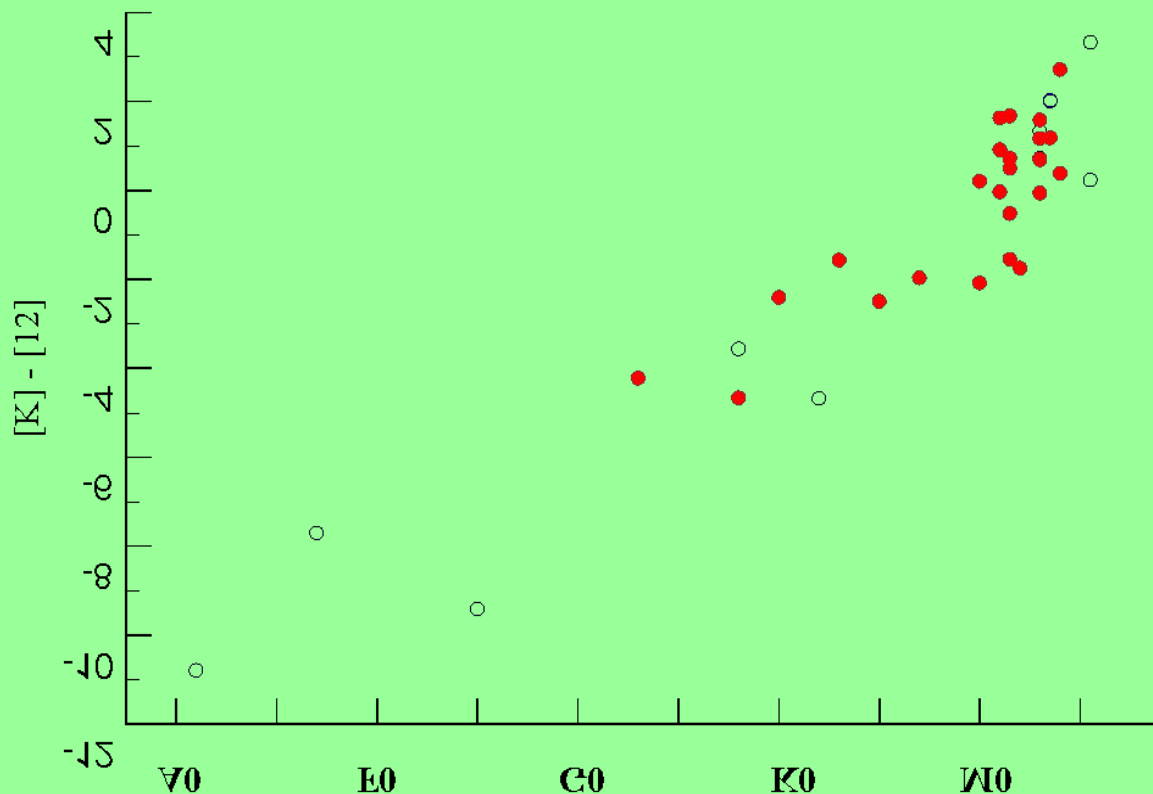
звезды.

Отбор объектов для SETI из числа 100 ближайших звездных систем.

Исключить из списка 100 ближайших:

- звезды, для которых нет данных
- звезды, для которых $\log F_{\lambda} > 5.2$ имеются в каталоге
- звезды, для которых данные получены на спутнике
- звезды, в спектрах ранее $F5$:
- ни о скорости обращения
- **58 звезд**

Диаграмма [K] – [12] для 38 звезд из 100 ближайших систем.



Красными точками отмечены 25 объектов, из числа оставленных нами в списке 58 звезд

Явных указаний на существование ИК избытков нет

В число 58 входят 19 объектов HabCat.

В списке 100 ближайших систем содержатся ещё 8 звезд, которые входят в HabCat, но не попали в число 58-ми.

Звезды GJ 674, GJ 205, GJ 338A и GJ 338B, согласно Каталогу Гершберга и др., имеют поверхностный рентгеновский поток, $FX > 5,2$;

Для звезд LP 816-0606, GJ 555, GJ 581 и GJ 829A нет оценок параметров хромосферной активности.

Радиоизлучение на волне 21 см.

По данным каталога
Все три звезды обладают сильной эмиссией
1,4 GHz NRAO VLA Sky Survey (NVSS)
и большой рентгеновской светимостью
координаты трех звезд из списка 100 ближайших
(они исключены из числа 58-ми).
совпадают с координатами радиоисточников NVSS.

Gliese	HIP	S(mJ)	$W_{H\alpha}$ (Å)	L_X	F_X
GI 644A	82817AB	10,2 ±0,5	1,90	29,04	6,96
GI 285	37766	15,0 ±0,6	6,30	28,65	6,78
GI 896A	116132= EQ Peg	7,5 ±0,5	7,70	28,60	6,66

Звезды-кандидаты, предлагаемые авторами доклада.

Нами сделана попытка составить новый список кандидатов для поиска высокотехнологичных ВЦ. Причиной, побудившей сделать это, было появление новых работ, которые не были учтены Т&Т. (Еще один список Т&Т мы обсудим позднее)

Список, предлагаемый авторами доклада.

Нами сделана попытка составить новый список кандидатов для поиска высокотехнологичных ВЦ. Причиной, побудившей сделать это, было появление новых работ, которые не были учтены Т&Т.

Женева-Копенгагенский обзор

Catal Geneva Copenhagen of V of the Solar system and related objects, metallicities, and kinematic properties of ~14000 F and G dwarfs
Frishberg R.E., Katsova M.M., Lovkaya M.N., Terebizh A.V., Nordström B., Mayor M., Andersen J., Holmberg J., Pont F., Jorgensen B.A., Olsen E., U.S.G. Ser. 39, 555 (1999)
<Astron. Astrophys. 419, 989 (2004)>

Основа для отбора кандидатов.

За основу был принят общеизвестный каталог Глизе и Ярайса CNS3.

V/70A

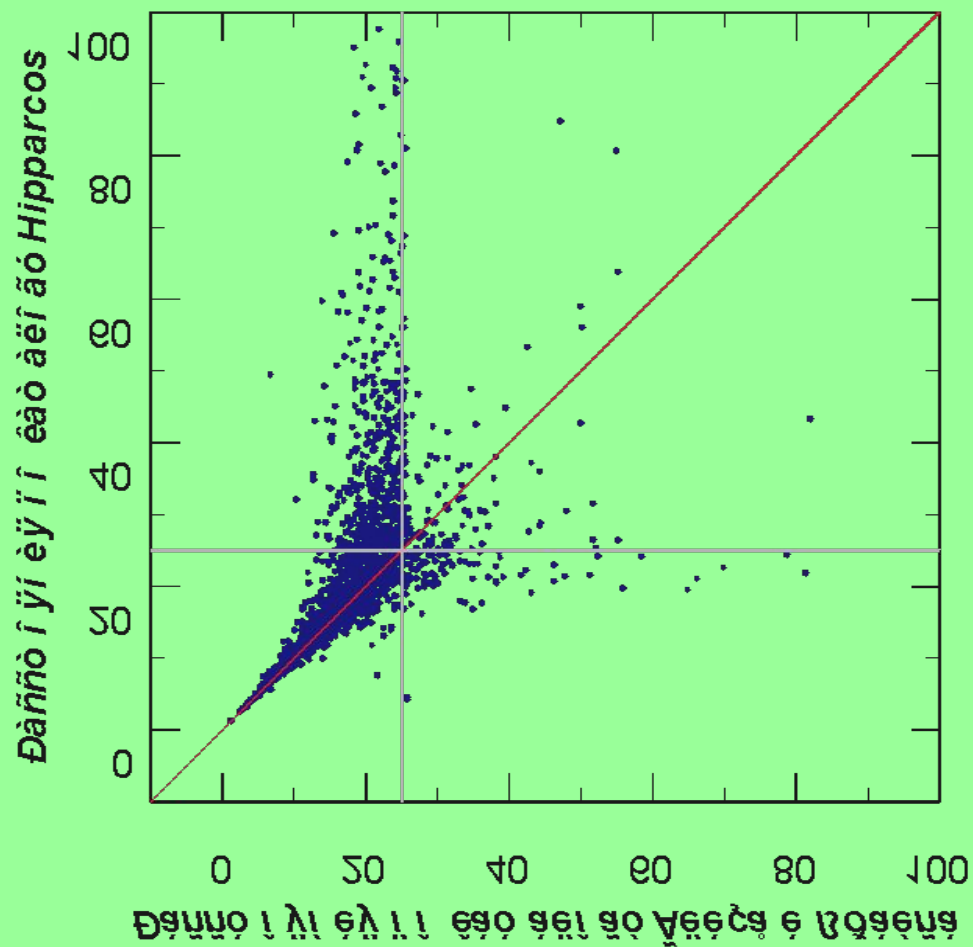
***Preliminary Version of the Third Catalogue of
Nearby Stars***

GLIESE W., JAHREISS H.

<Astron. Rechen-Institut, Heidelberg (1991)>

В каталоге CNS3 содержится 3802 объекта.

Лирическое отступление: параллаксы Гиппаркос и параллаксы в каталоге CNS.



Отбор наших кандидатов. 1-й этап.

**Отобраны только те
звезды, для которых параллакс
 $\pi > 0,040$
одновременно и в Hipparcos и в CNS3**

Отбор наших кандидатов. 2-й этап.

Отброшены :

- звезды, для которых спектральные классы раньше F5;
- звезды, для которых определён класс светимости II, III или III-IV;
- белые карлики;
- коричневые карлики.

Отбор наших кандидатов. 3-й этап.

Отброшены :

- звезды с плохо определёнными спектральными классами, если эти спектральные классы противоречат оценке абсолютной звездной величины;
- звезды с противоречиями между спектральным классом и показателем цвета $B_T - V_T$ (Tycho)

Отбор наших кандидатов. 4-й этап.
Привлечение данных о возрасте.

I.

**The Geneva-Copenhagen survey of the
Solar neighbourhood. Ages, metallicities,
and kinematic properties of ~ 14000
F and G dwarfs.**

*Nordstrom B., Mayor M., Andersen J., Holmberg J.,
Pont F., Jorgensen B.R., Olsen E.H., Udry S.,
Mowlavi N.*

<Astron. Astrophys. 419, 989 (2004)>

648 объектов

Отбор наших кандидатов. 4-й этап.
Привлечение данных о возрасте.

II.

**Catalogue of ages, metallicities, orbital
elements and other parameters for nearby
F stars.**

Marsakov V.A., Shevelev Yu.G.

<Bull. Inf. CDS 47, 13 (1995)>

259 объектов

Отбор наших кандидатов. 4-й этап.
Привлечение данных о возрасте.

III.

**Lithium abundances of the local thin
disc stars.**

Lambert D.L., Reddy B.E.

<Mon. Not. R. Astron. Soc., 349, 757-767 (2004)>

128 объектов

Отбор наших кандидатов. 4-й этап.
Привлечение данных о возрасте.

IV.

**The solar neighbourhood age-metallicity
relation. Does it exist?**

Feltzing S., Holmberg J., Hurley J.R.

<Astron. Astrophys. 377, 911 (2001)>

158 объектов

Отбор наших кандидатов. 4-й этап.
Привлечение данных о возрасте.

V.

**HIPPARCOS age-metallicity relation
of the solar neighbourhood disc
stars.**

Ibukiyama A., Arimoto N.

<Astron. Astrophys. 394, 927 (2002)>

147 объектов

Отбор наших кандидатов. 4-й этап.
Привлечение данных о возрасте.

VI.

**Lithium abundances for 185
main-sequence stars.**

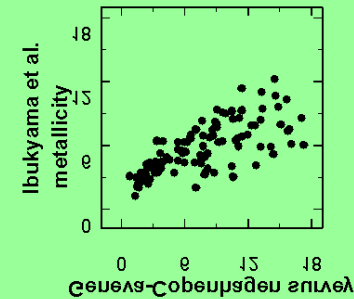
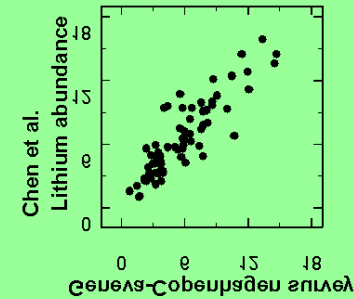
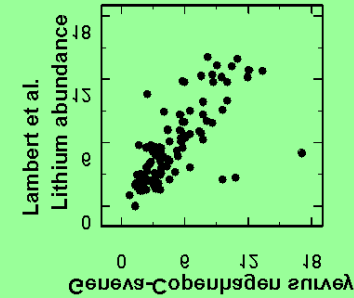
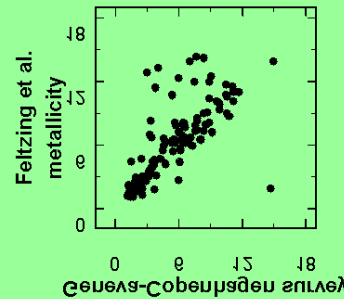
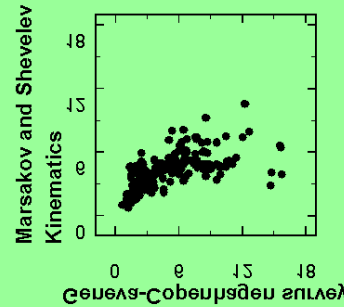
Chen, Y.Q., Nissen, P.E. Benoni, T., Zhao G.

<Astron. Astrophys. 371, 943 (2001)>

89 объектов

Сравнение возрастов по данным разных каталогов.

Несмотря на то, что индивидуальные оценки возрастов имеют очень большую неопределённость, данные разных каталогов коррелируют друг с другом. Если возраст менее 3 млрд лет, то это подтверждается почти всеми каталогами одновременно.



Отбор наших кандидатов. 4-й этап.
Привлечение данных об осевом вращении.

VII.

**Компилятивный каталог данных
о периодах вращения звезд.**

Кацова М.М. (частное сообщение)

278 объектов

Отбор наших кандидатов. 4-й этап.

**Были отобраны только те звезды,
о которых было известно:**

**либо, что во всех привлеченных каталогах их возраст
не менее, чем 2,5 миллиарда лет,**

**либо, что периоды их осевого вращения более чем 19
суток.**

**(Звезды без сведений о возрасте или скорости вращения были
удалены)**

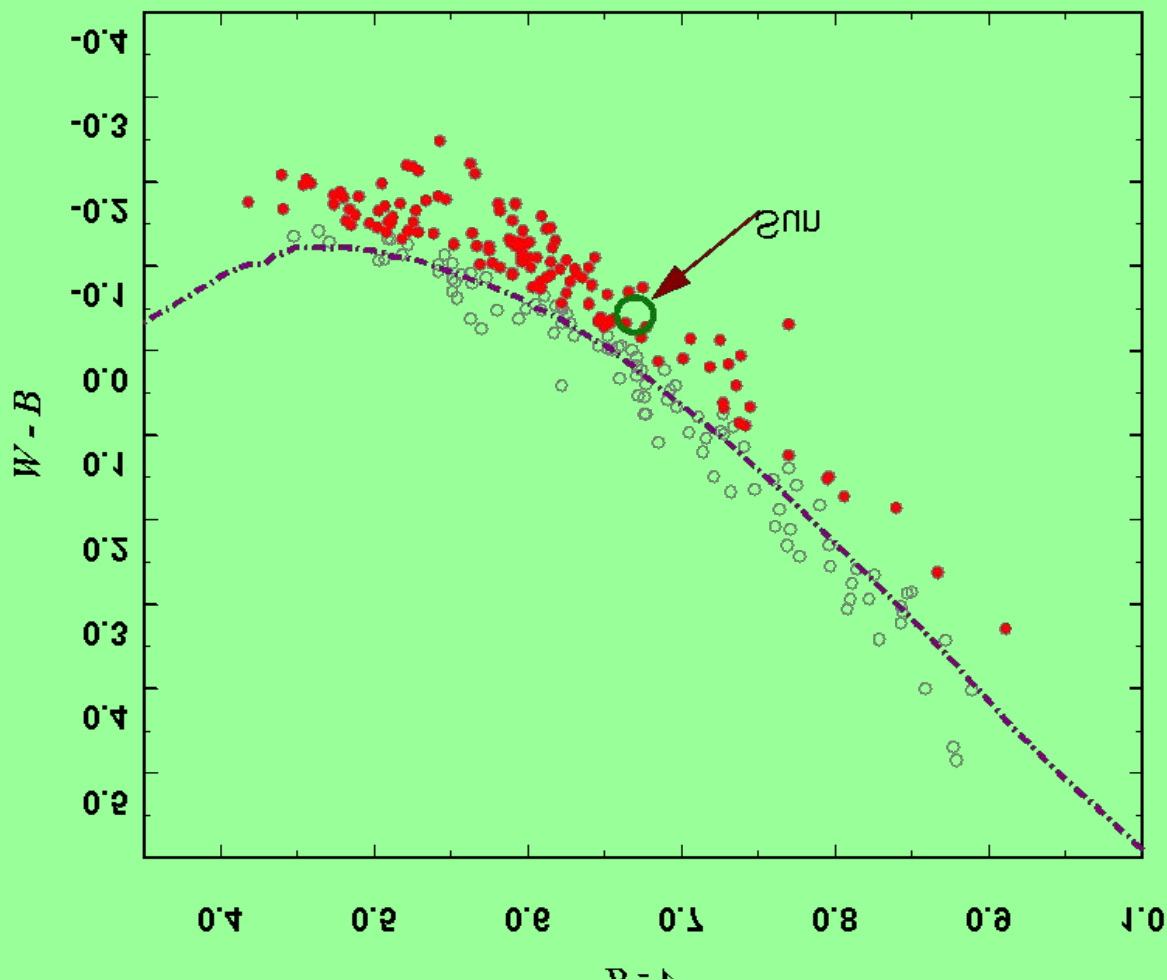
После 4-го этапа осталось 760 звезд

В их числе 132 М-карлика

Отбор наших кандидатов. Последний этап.

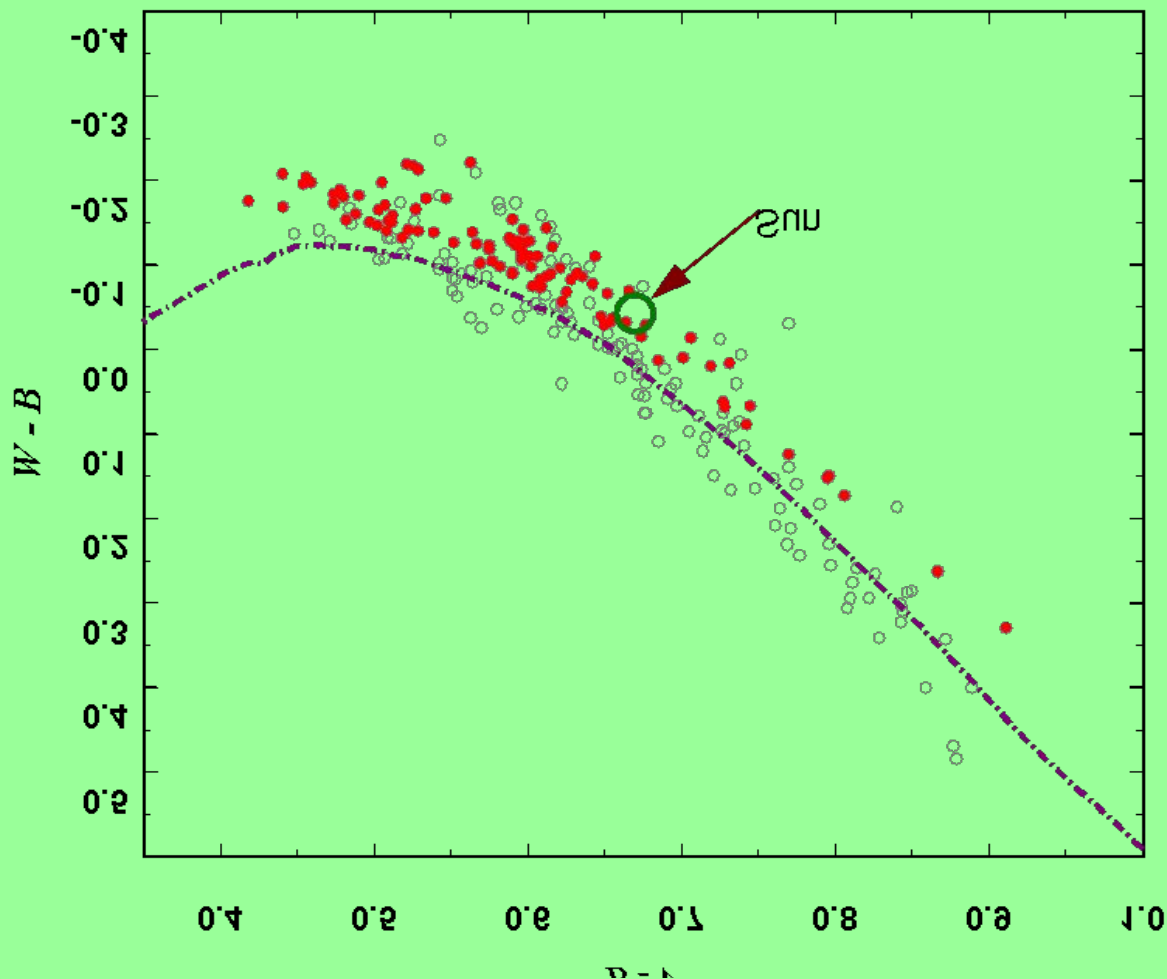
Из числа 760 были отобраны звезды, для которых имеются W , B , V и R величины в Тянь-Шаньском фотометрическом каталоге. Таких звезд **129**. На основе этих данных была построена двухцветная диаграмма $W - B$, $B - V$.

Отбор наших кандидатов. Последний этап. Двухцветная диаграмма.



Более молодые и более металличные звезды в окрестности Солнца лежат на последовательности Гиад, возраст которых около 600 миллионов лет, а металличность почти вдвое больше солнечной.

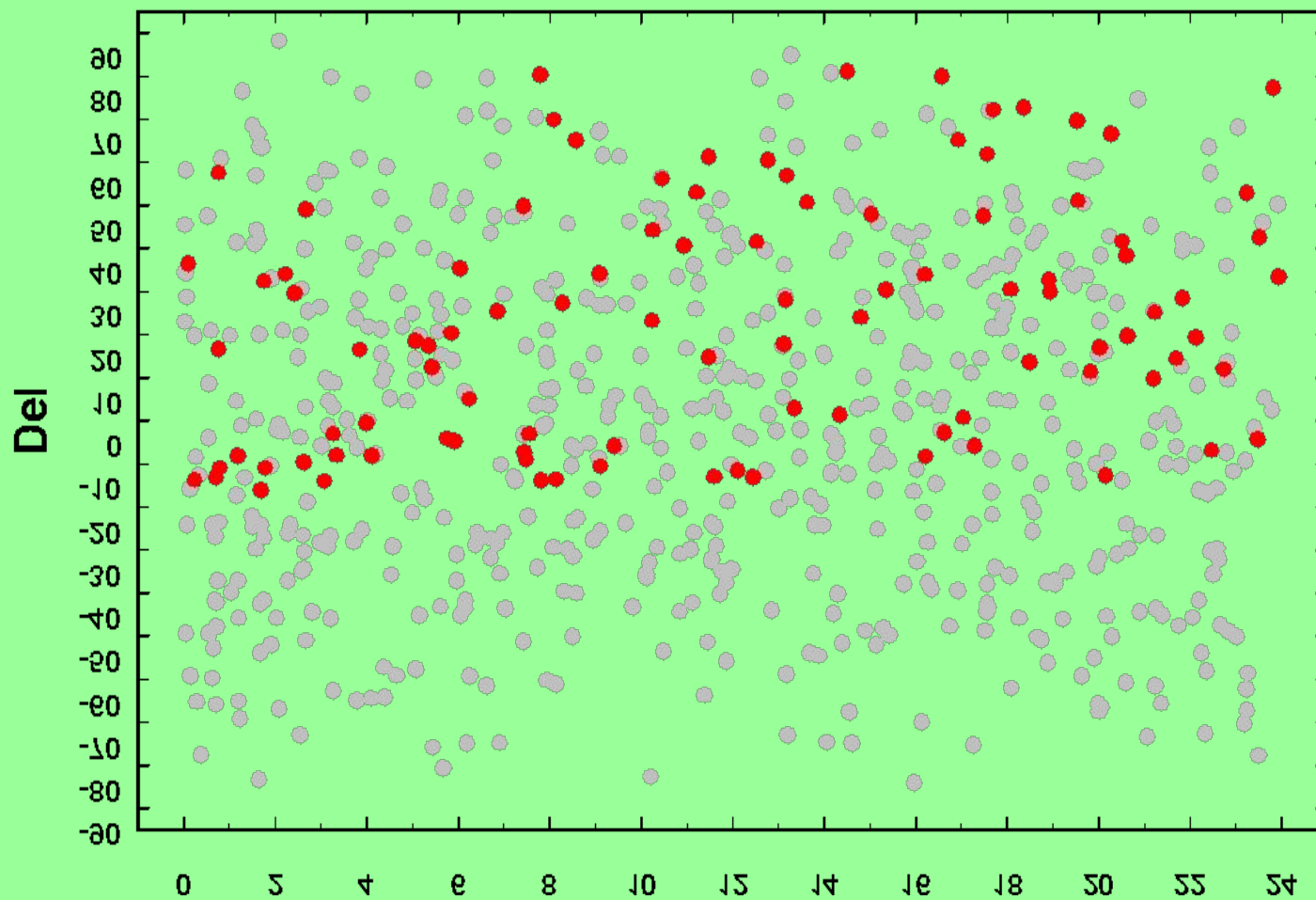
Отбор наших кандидатов. Последний этап. Двухцветная диаграмма.



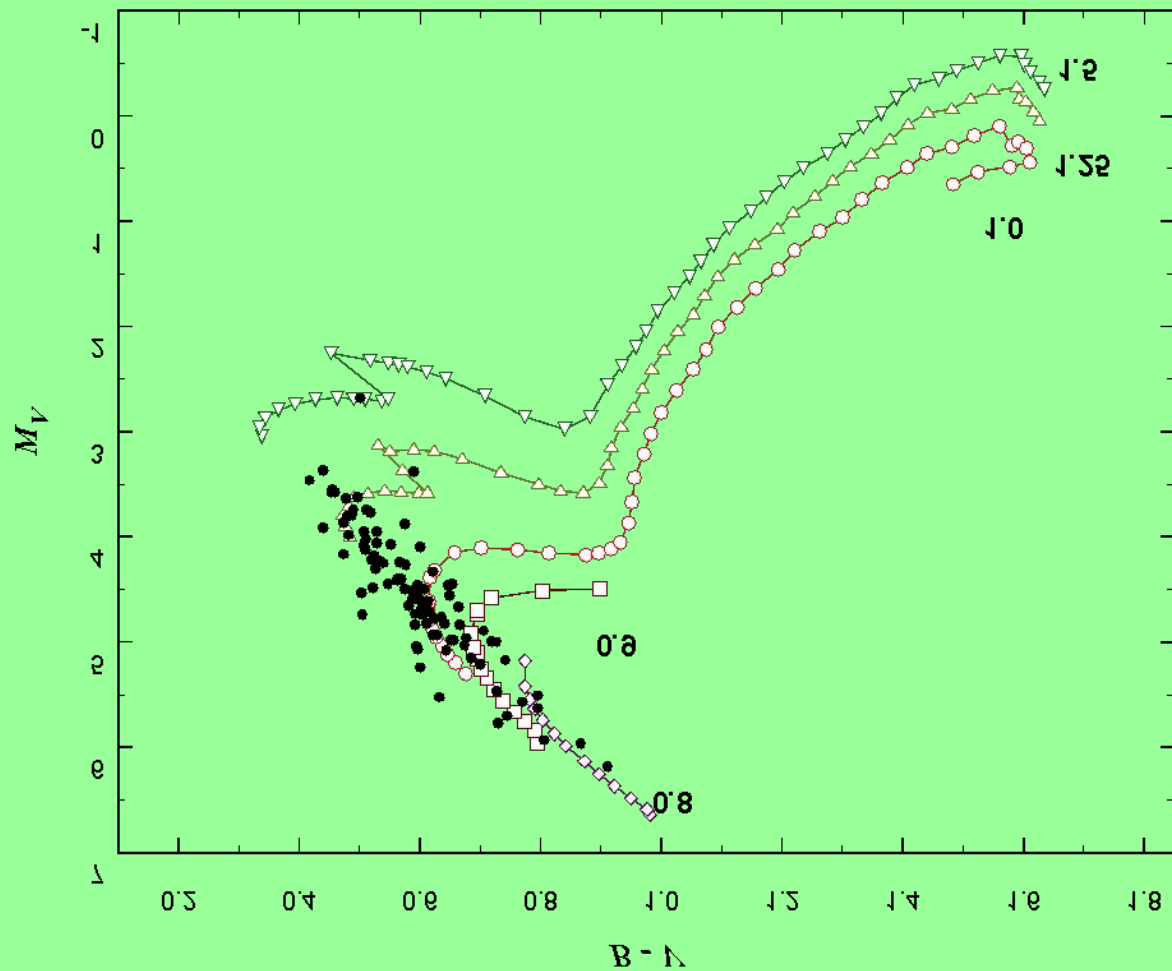
Возраст и металличность звезд находятся в антикорреляции. Удалены звезды с пространственной скоростью > 60 км/с, которые статистически имеют самую низкую металличность.

**Осталось ровно
100 звезд**

Анализ отобранных кандидатов. Положение на небесной сфере.



Анализ отобранных кандидатов. Положение на Г-Р диаграмме.



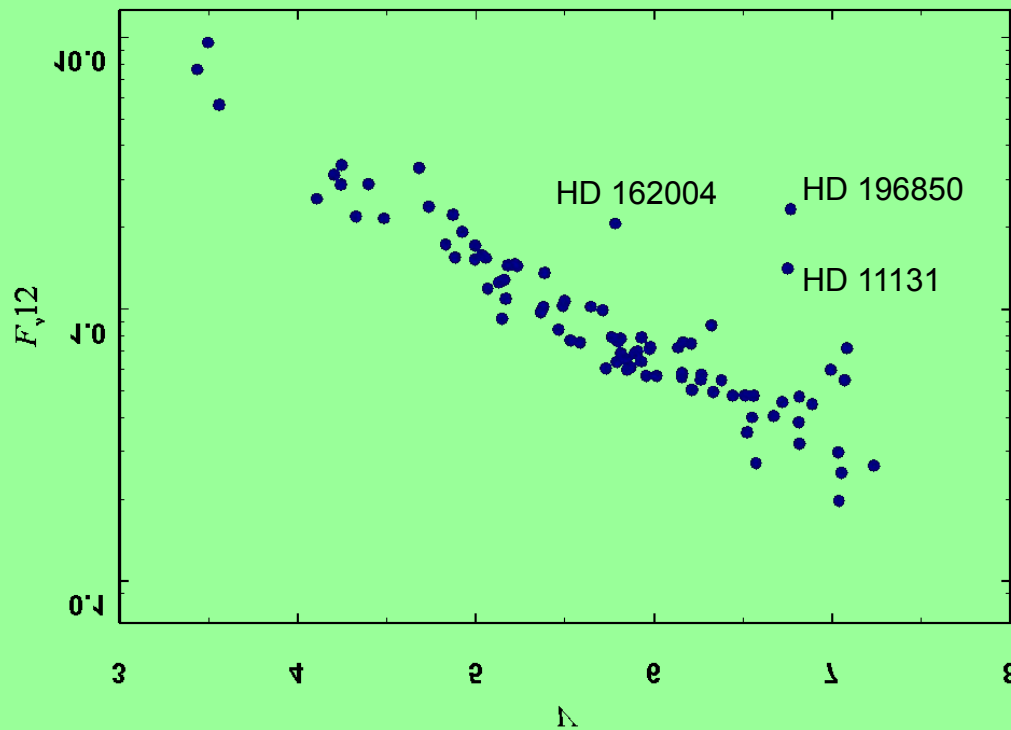
Анализ отобранных кандидатов. Сравнение со списками T&T.

Все 760 (и следовательно все 100) отобранных звезд содержатся в *HabCat*.

В число 100 отобранных звезд входят 3 звезды из членов 100 ближайших систем. Это η Cas, τ Cet и HD 185144.

В число 100 отобранных звезд входят 8 объектов из списка 25 «наиболее приоритетных». T&T считают приоритетными звезды, удаленные не более чем на 25 пк и наиболее подобные Солнцу.

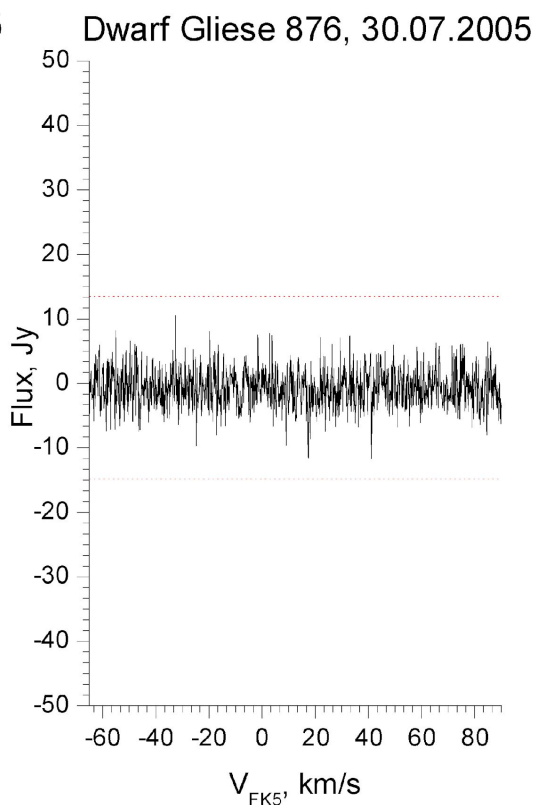
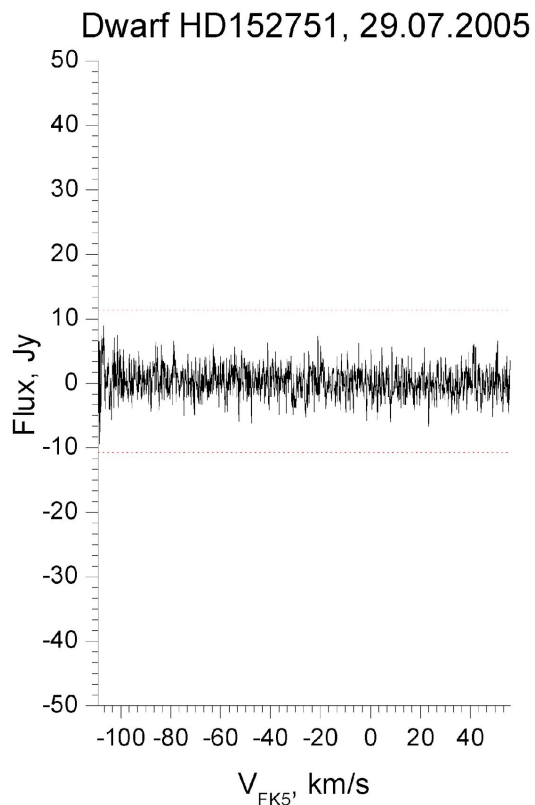
Анализ отобранных кандидатов. Сравнение визуальных и ИК потоков.



Анализ отобранных кандидатов.
Отождествление с радиоисточниками каталога
NVSS.

HD	$\Delta r''$	S(мЯн)	σS
1388	54.9	2.3	0.5
26337	3.6	3.6	0.5
146361	11.7	4.1	0.5
206860	24.7	50.3	1.6

Первые результаты наблюдений в ПРАО. I.

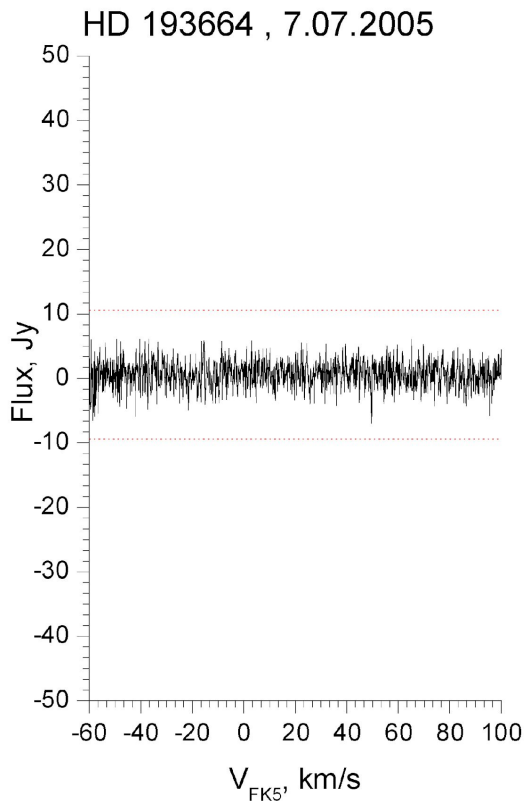
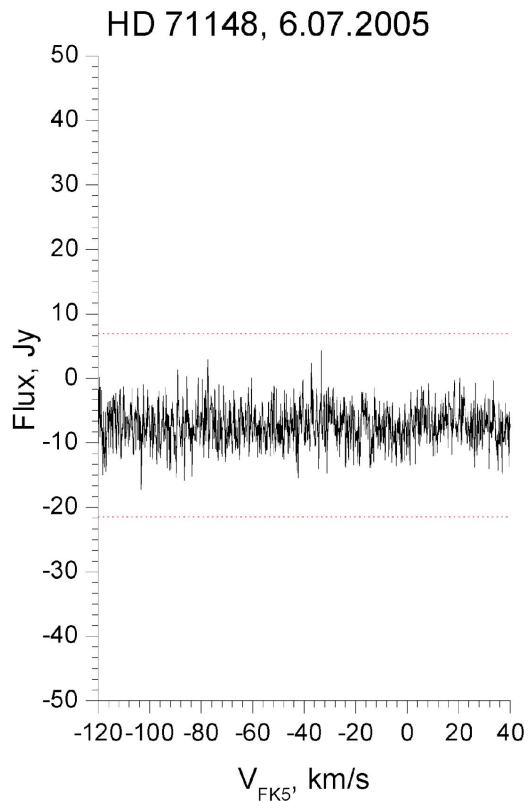


HD 152751=
CNS 644=
Wolf 630.
Сигнал вне $S_0=5\sigma$
не обнаружен.

Gliese876

Сигнал вне $S_0=5\sigma$
не обнаружен.

Первые результаты наблюдений в ПРАО. II.



HD 71148

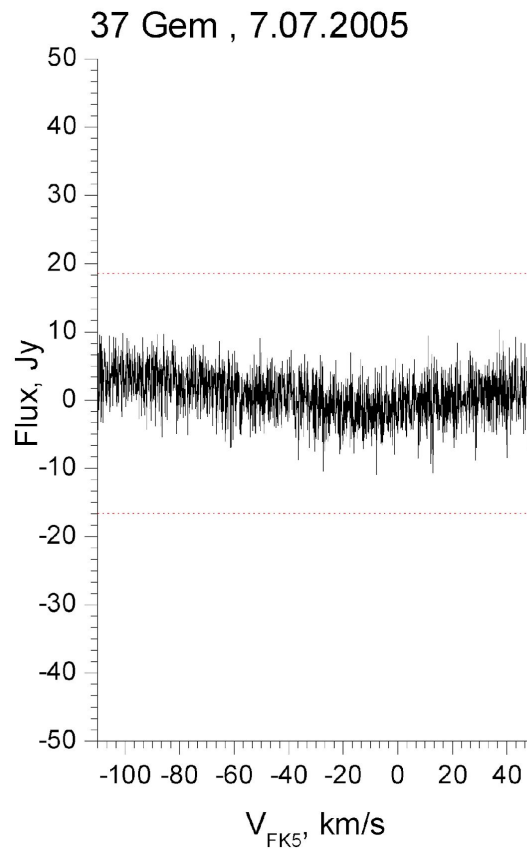
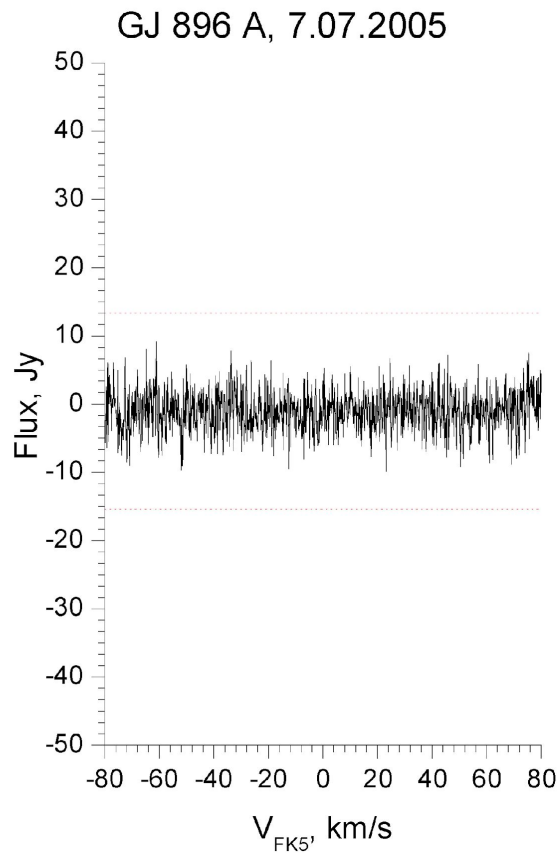
Сигнал вне $S_0=5\sigma$
не обнаружен.

Есть подозрение
на протяженную
компоненту
вблизи центра
спектра

HD 193664

Сигнал вне $S_0=5\sigma$
не обнаружен.

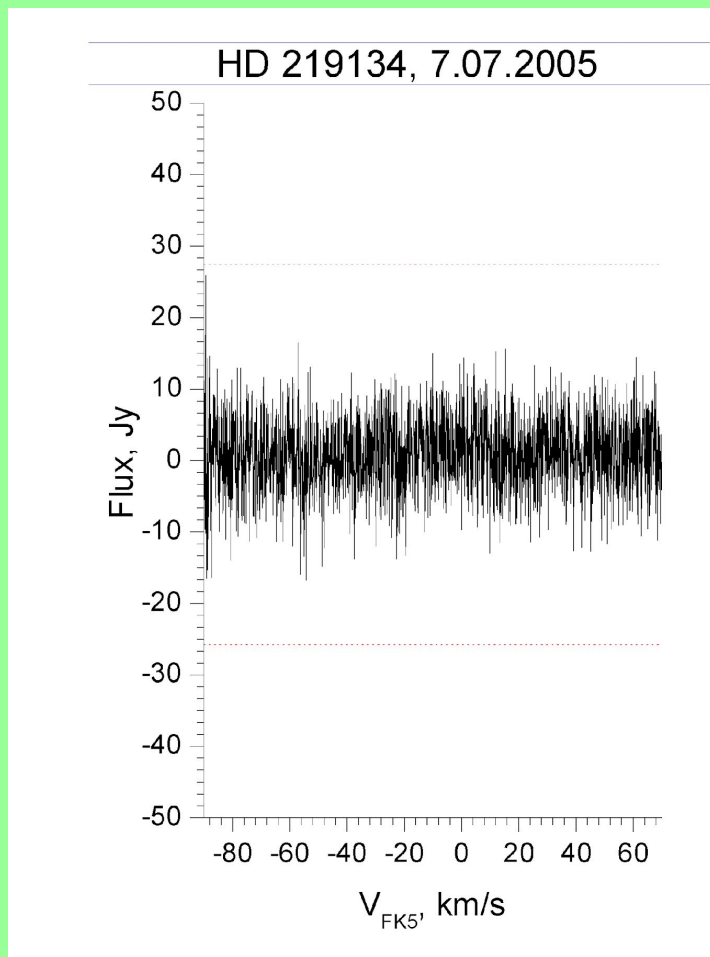
Первые результаты наблюдений в ПРАО. II.



Gliese896A =
EQ Peg
Сигнал вне $S_0=5\sigma$
не обнаружен.

37 Gem =
HD 33277
Сигнал вне $S_0=5\sigma$
не обнаружен.
Есть инструмен-
тальное искажение
сигнала

Первые результаты наблюдений в ПРАО. IV.



HD 219134

Сигнал вне $S_0=5\sigma$
не обнаружен.

Из числа 157 компонентов, входящих в 100 ближайших систем только 58 звезд могут рассматриваться как кандидаты для SETI.

Предложены списки из 760 и из 100 звезд-кандидатов для SETI, возраст которых превышает $3 \cdot 10^9$ лет, а расстояние менее 25 пк. Нужны их наблюдения в ИК и радио-диапазонах.

Необходимы дальнейшие наблюдения для выявления старых карликов в окрестностях Солнца.

Существующих сведений о наличии карликов, о скоростях их вращения и возрастах категорически недостаточно.

Спасибо за внимание