

Определение расстояний до рентгеновских двойных систем в нашей Галактике

Лутовинов А.,

Карасев Д., Ревнивцев М., Кривонос Р.



Определение расстояний до объектов – одна из ключевых (исторических) проблем астрономии, астрофизики и космологии

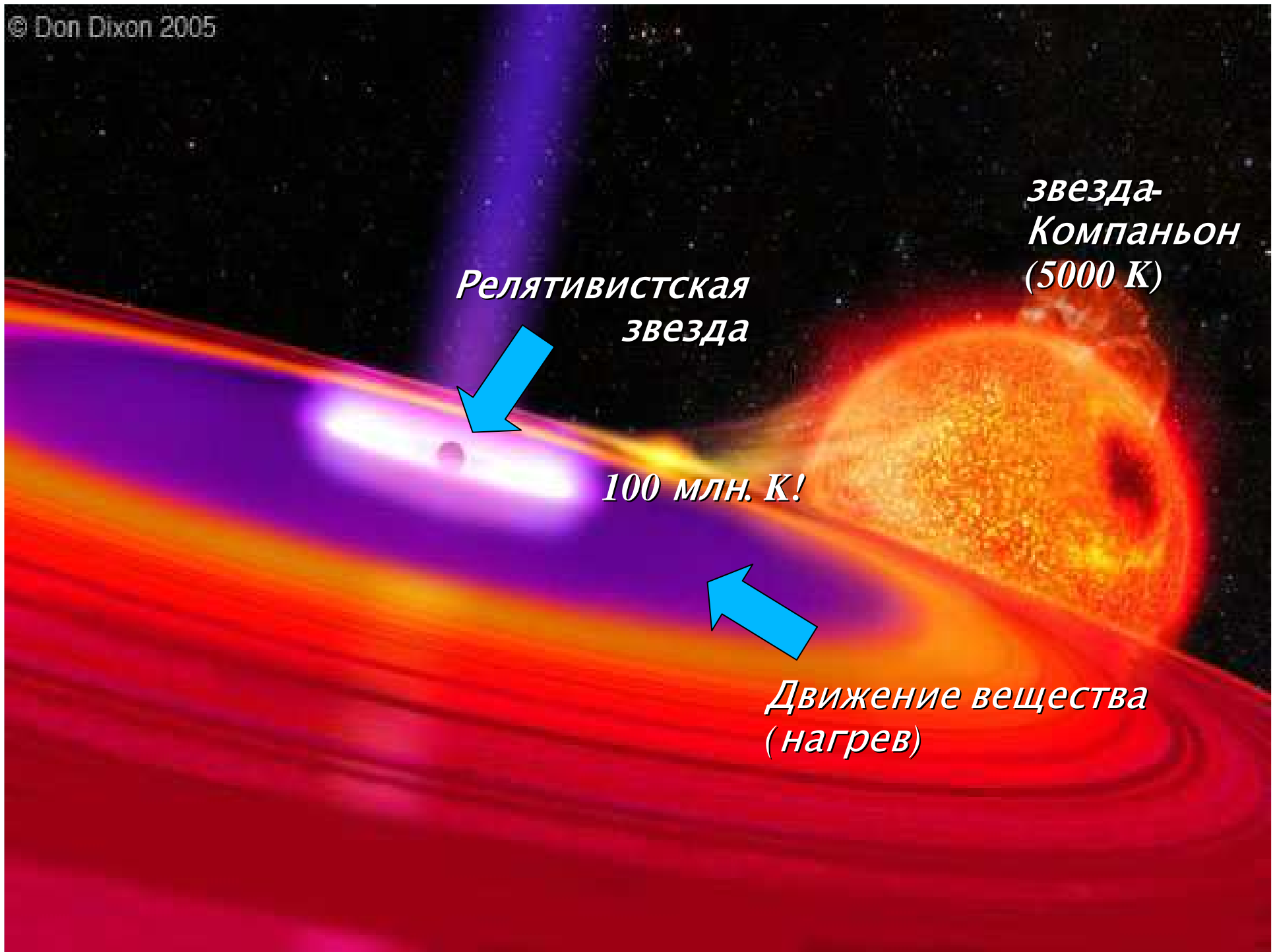
двумерная картинка \Rightarrow трехмерное распределение

- измерение паралаксов

- расстояния до внегалактических объектов по регистрации смещенных линий в их спектрах

- «стандартные свечи» SN I типа, ~одинаковая светимость, калибровки кривых блеска и т.д.

расстояния до галактических объектов, рентгеновских двойных систем (XRBs)



*Релятивистская
звезда*

*звезда-
Компаньон
(5000 К)*

100 млн. К!

*Движение вещества
(нагрев)*

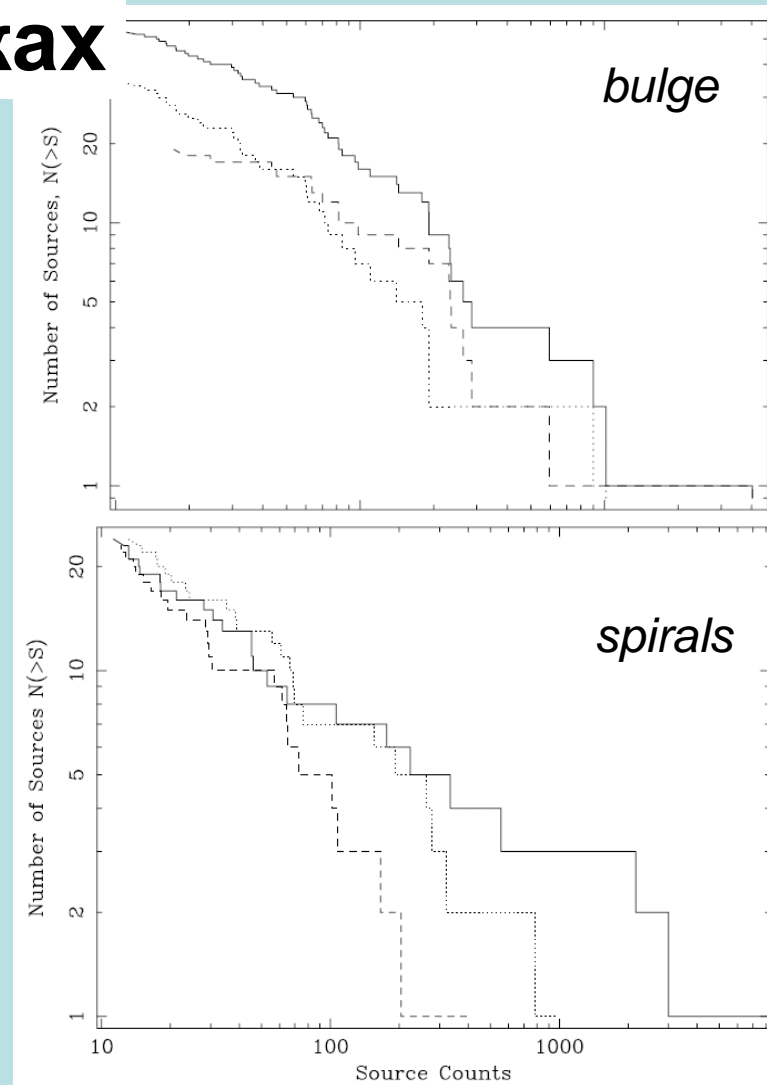
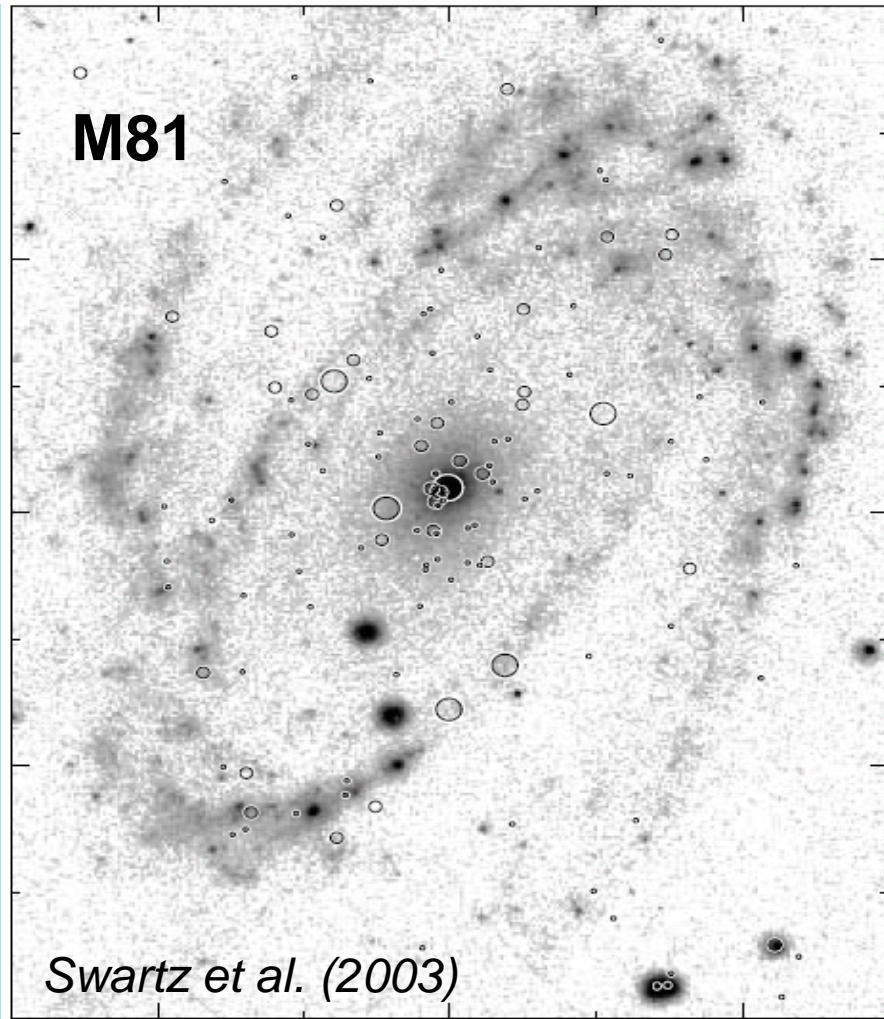
НМХВ

- молодые объекты ($\times 10^7$ yr)
- $M_c > 10 M_{\text{sun}}$
- тип: O–V(e) звезды
- сильный звездный ветер
- внутреннее поглощение
- области звездообразования
- концентрируются к спиральным рукавам
- Vela X-1, 4U1700-37, GX301-2, Cyg X-1, рентгеновские пульсары

ЛМХВ

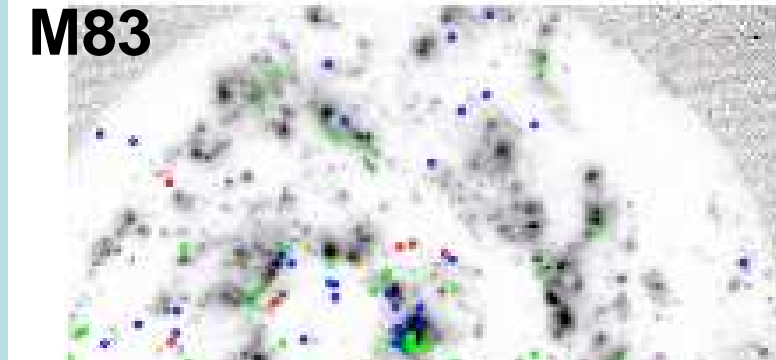
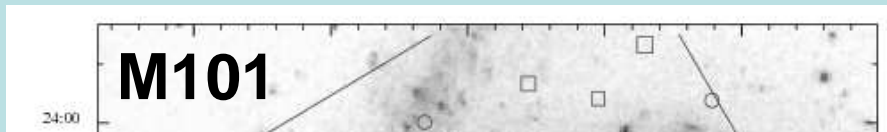
- старые объекты ($\sim 10^9$ yr)
- $M_c \sim 1 M_{\text{sun}}$
- тип: K – M звезды
- нет звездного ветра
- нет внутреннего поглощения
- звездная масса
- концентрируются к ГЦ
- системы с черными дырами 1E1740-294, GRS1915+105, рентгеновские барстеры

XRBs в других Галактиках

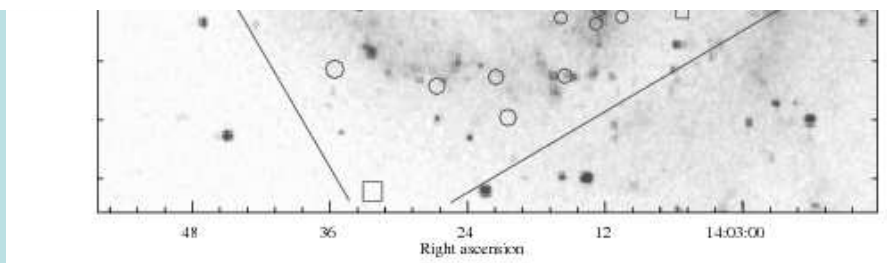


НЕ найдено ОВ звезд как оптических компаньонов рентгеновских источников в балдже. Функция светимости балджевой и спиральной популяций подобна функциям светимости LMXBs и HMXBs в нашей Галактике.

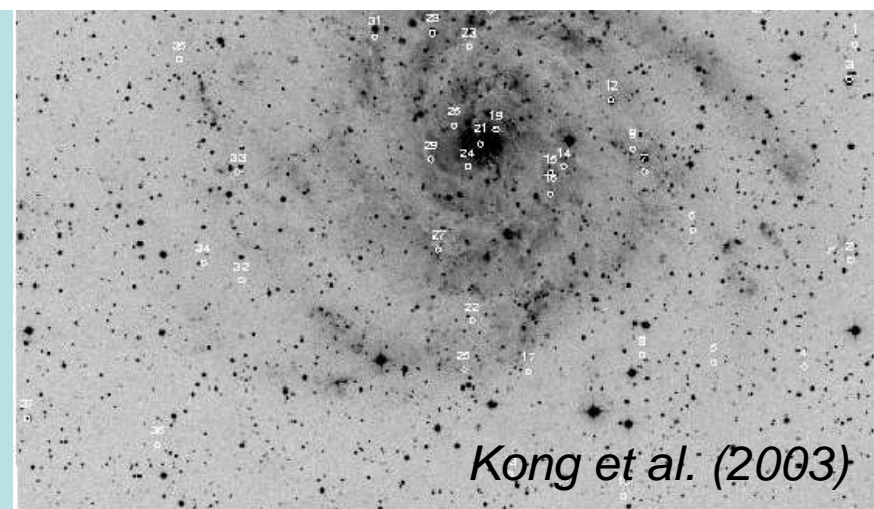
XRBS в других галактиках



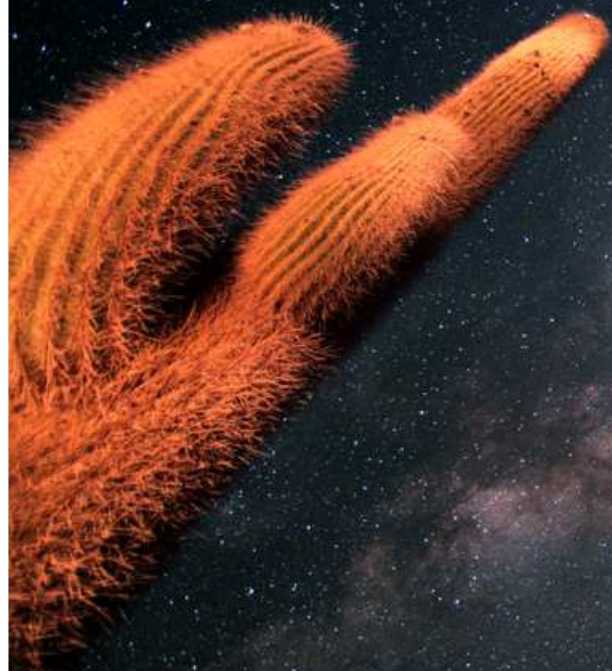
Природа большинства XRBS в других галактиках неизвестна. Только исследования балджа в нашей Галактике могут дать ответ на вопрос о присутствии НМХВ в балджах спиральных галактик.



Pence et al. (2001)



Галактика Млечный Путь

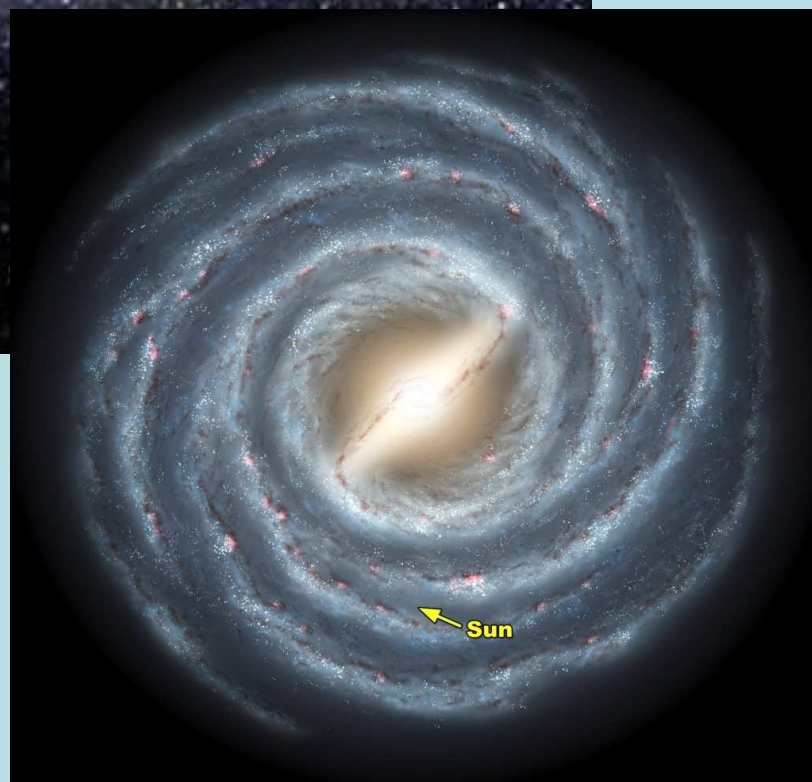


Вид Млечного пути

Галактика Млечный Путь



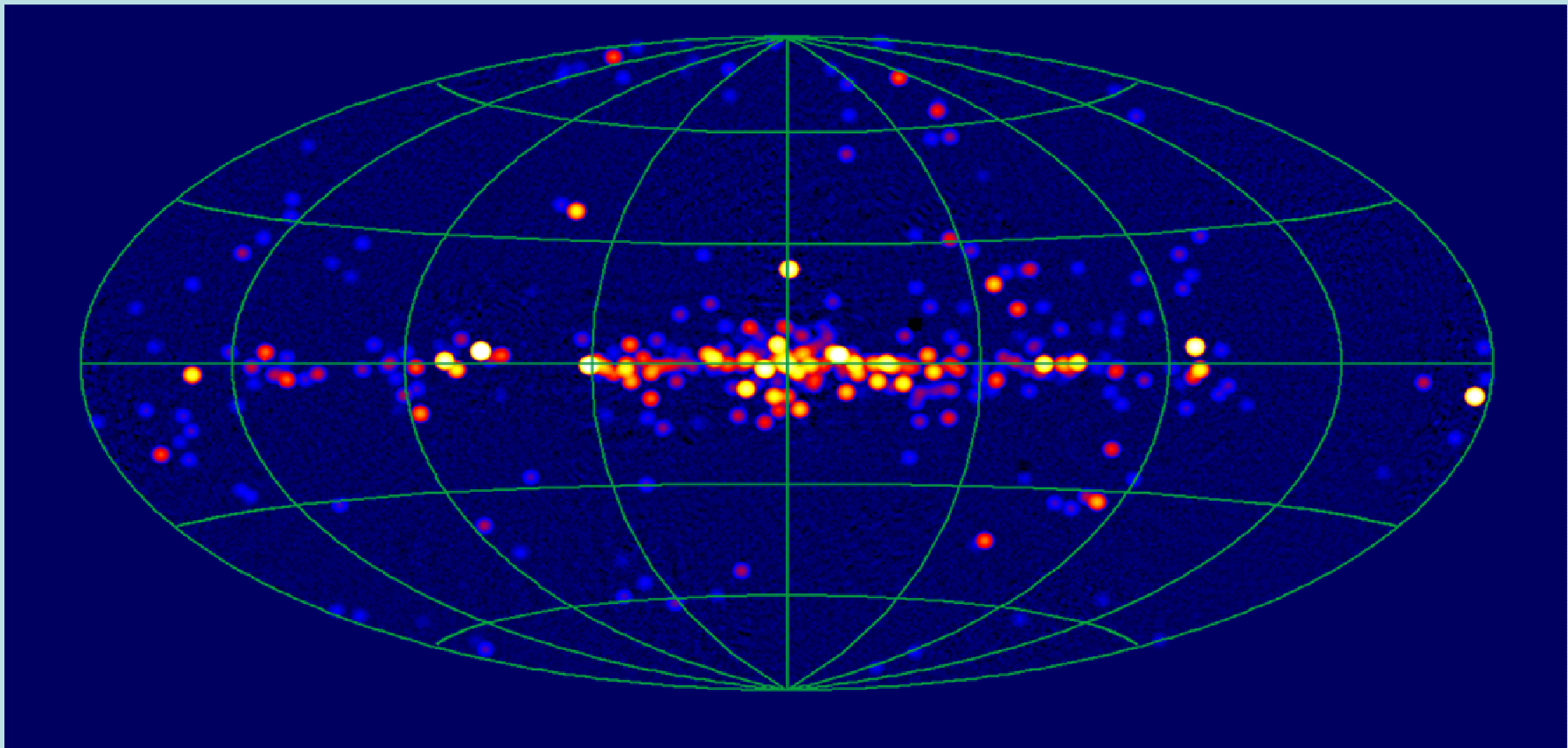
Реальный вид Млечного Пути
В ИК диапазоне (с ребра)



Модель Млечного пути

Обзор всего неба обсерваторией ИНТЕГРАЛ

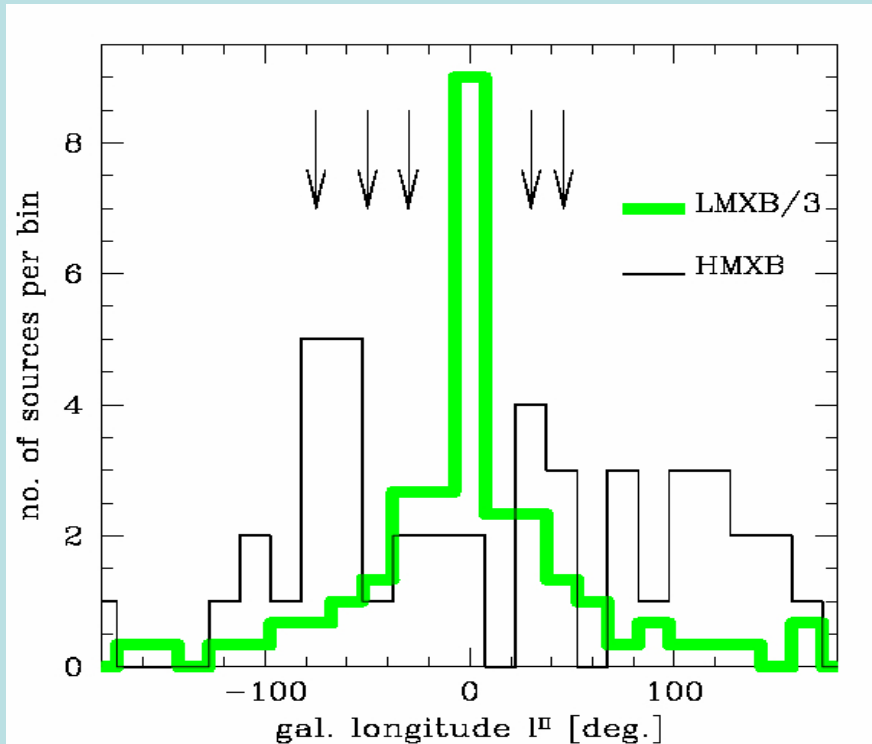
- Энергетический диапазон: 20-60 кэВ
- Всего 521 источник
- АЯГ (сверхмассивные черные дыры) – 212
- Вблизи плоскости Галактики ($|b| < 5$) – 248



7 лет работы Новых источников (IGRJ...) ~ 180

Наша Галактика

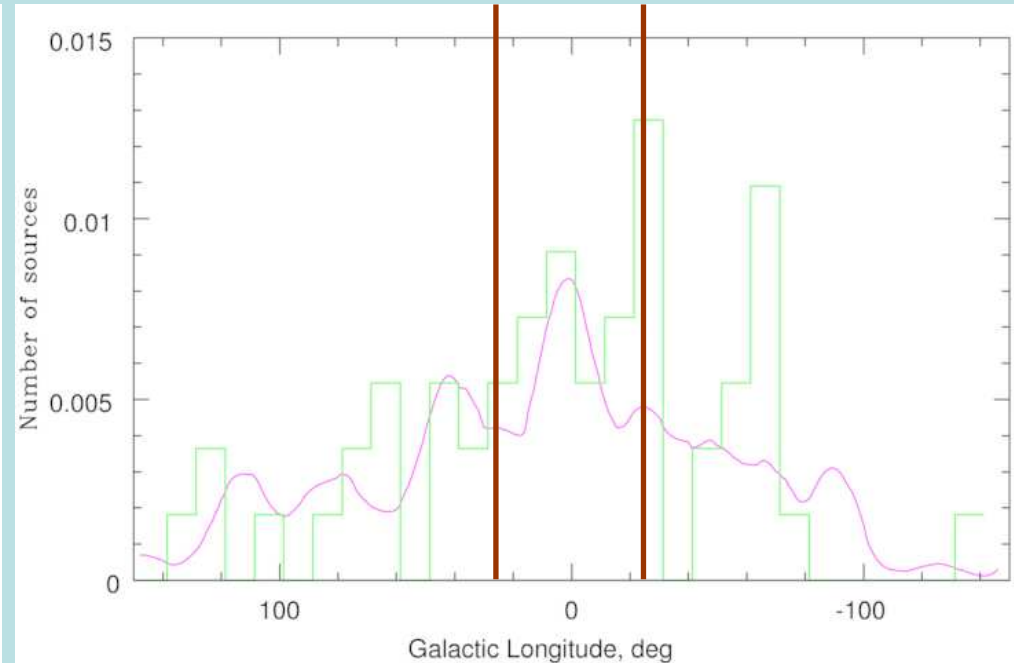
~10 лет назад



ASM/RXTE data

Grimm et al. (2002)

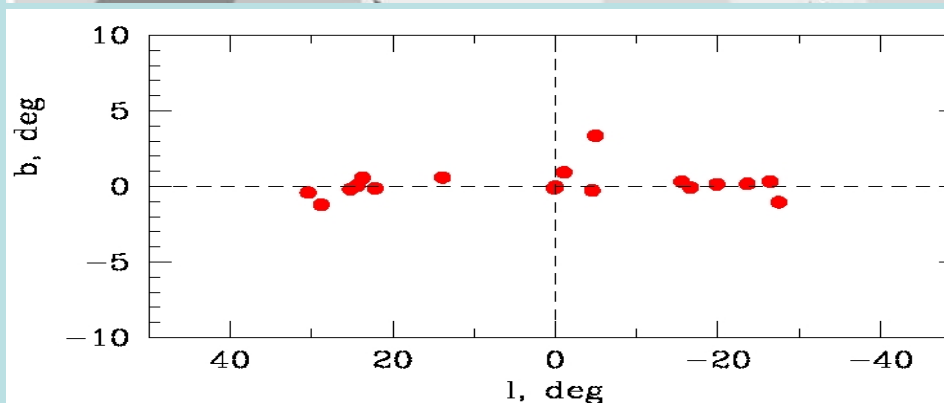
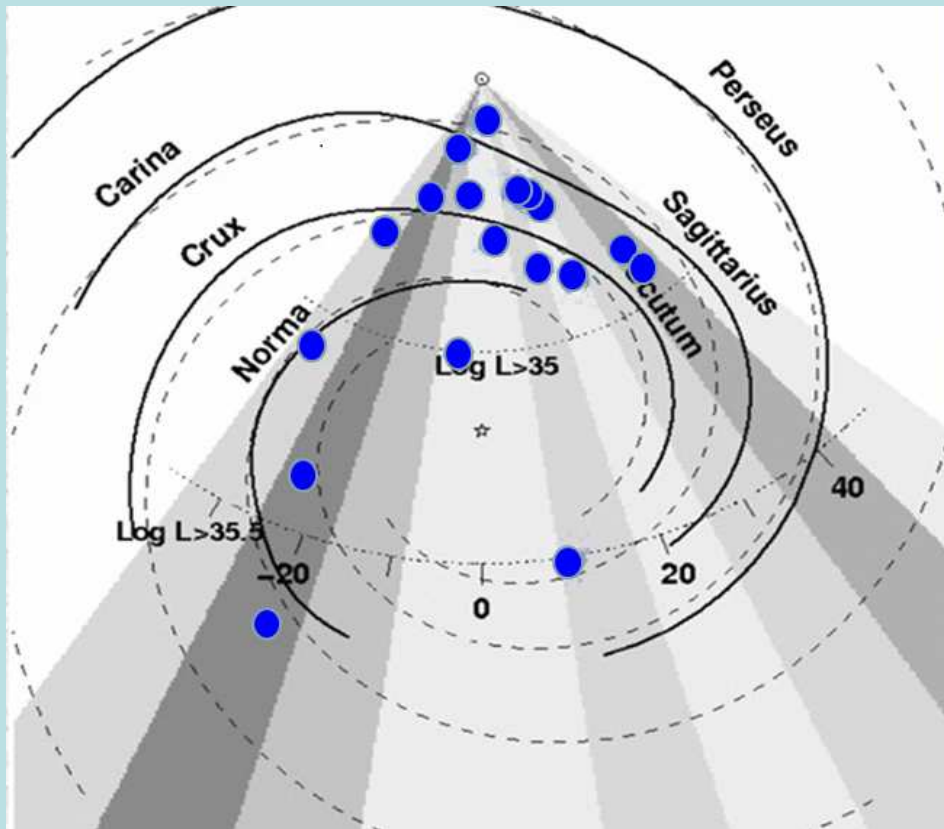
Настоящее время



only HMXB/INTEGRAL data
total 60 sources with $|b| < 2.1^\circ$

(work is in progress)

НМХВс во внутренней части Галактики



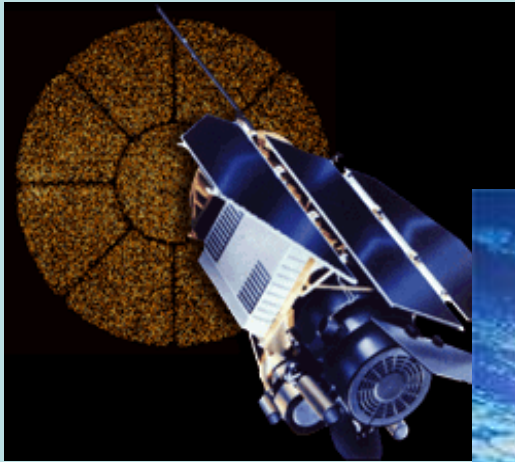
Существует несколько десятков кандидатов в НМХВс (в основном из-за сильного поглощения в их спектрах) в области с $|l| < 25^\circ$: каталоги, AXJ...s, IGRJ...s. Где они локализованы?

Необходимы наблюдения обсерваториями Chandra, XMM-Newton, + спектральные и фотометрические наблюдения в нескольких ИК-фильтрах.

Мы выбрали ~20 ИСТОЧНИКОВ

Рентгеновские инструменты

ROSAT



RXTE



XMM-Newton



ИНТЕГРАЛ



Chandra



0.5 – 100 кэВ



Оптические инструменты



- Телескоп БТА
(САО)
I- диапазон
(система
Джонсона)



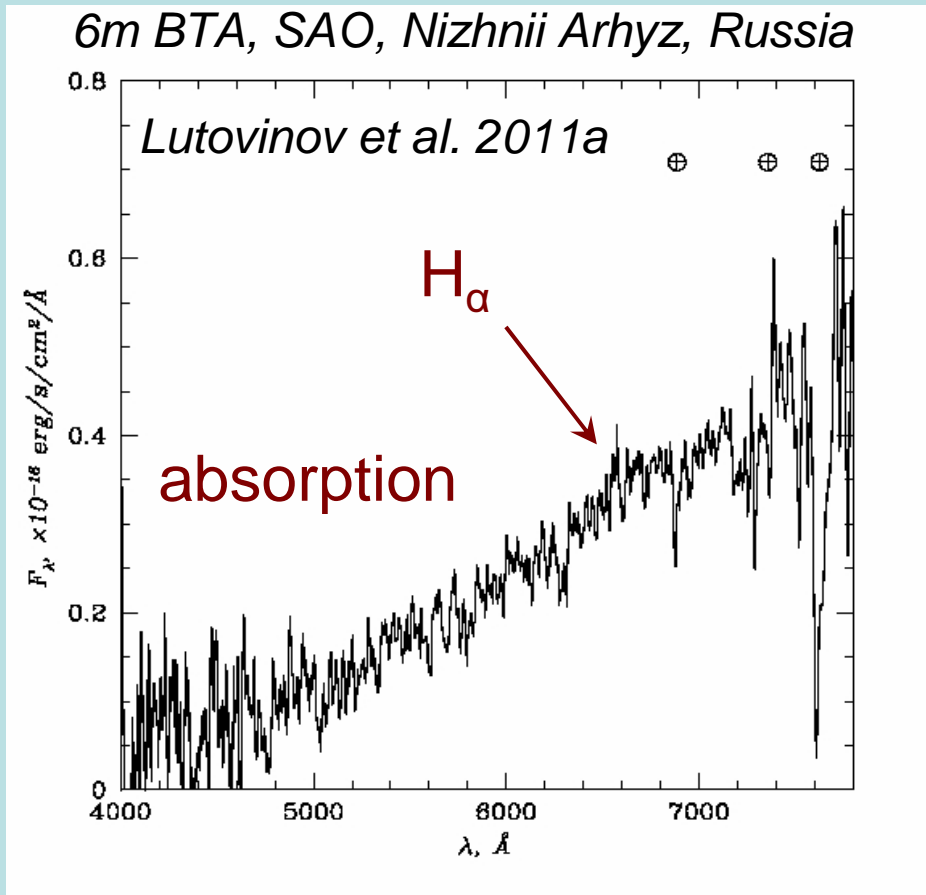
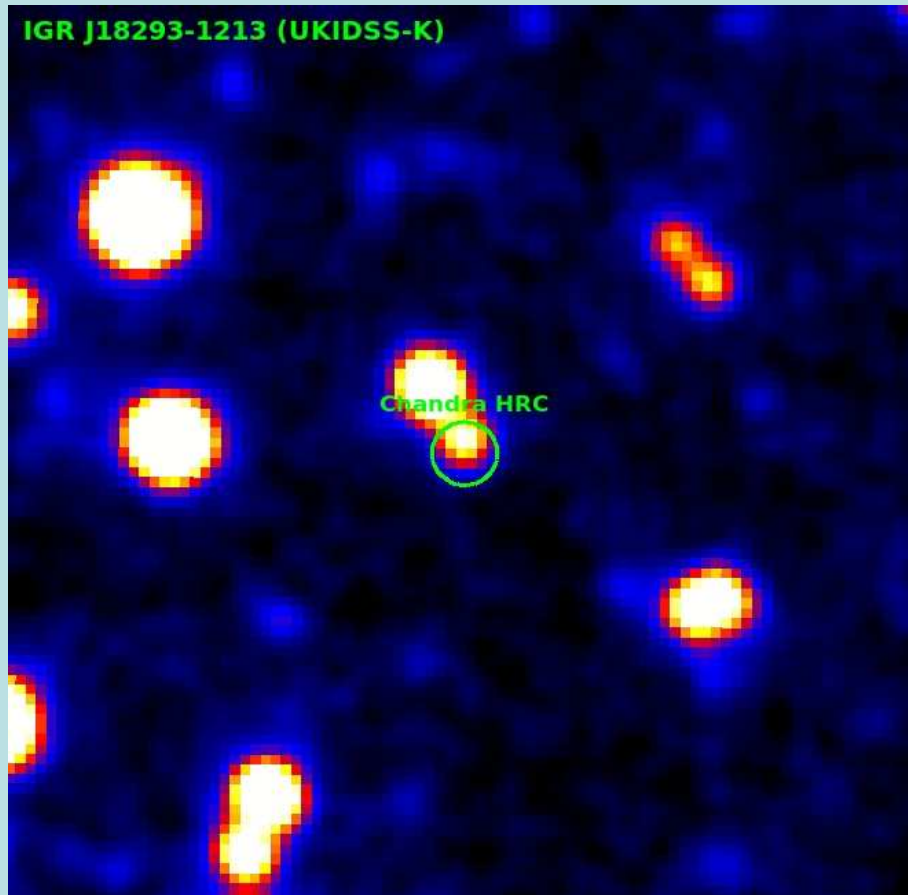
- Телескоп NTT,
прибор SOFI –
стандартные
инфракрасные
диапазоны;



Российско-турецкий телескоп РТТ-150, приборы
ANDOR и TFOSC (оптические диапазоны SDSS);

+ каталоги 2MASS, USNO-B1, Hipparcos

IGR J18293-1213



Спектроскопические наблюдения могут помочь определить природу галактического источника, однако недостаточны для определения расстояния до него. Мы предлагаем метод определения типа оптического компаньона и расстояния для объектов, расположенных в направлении на центр Галактики.

Ключевая проблема: недостаточное знание межзвездного поглощения

Из-за неопределенности межзвездного поглощения трудно корректно определить расстояние до источника;

Карта нейтрального водорода (~ 0.5°)

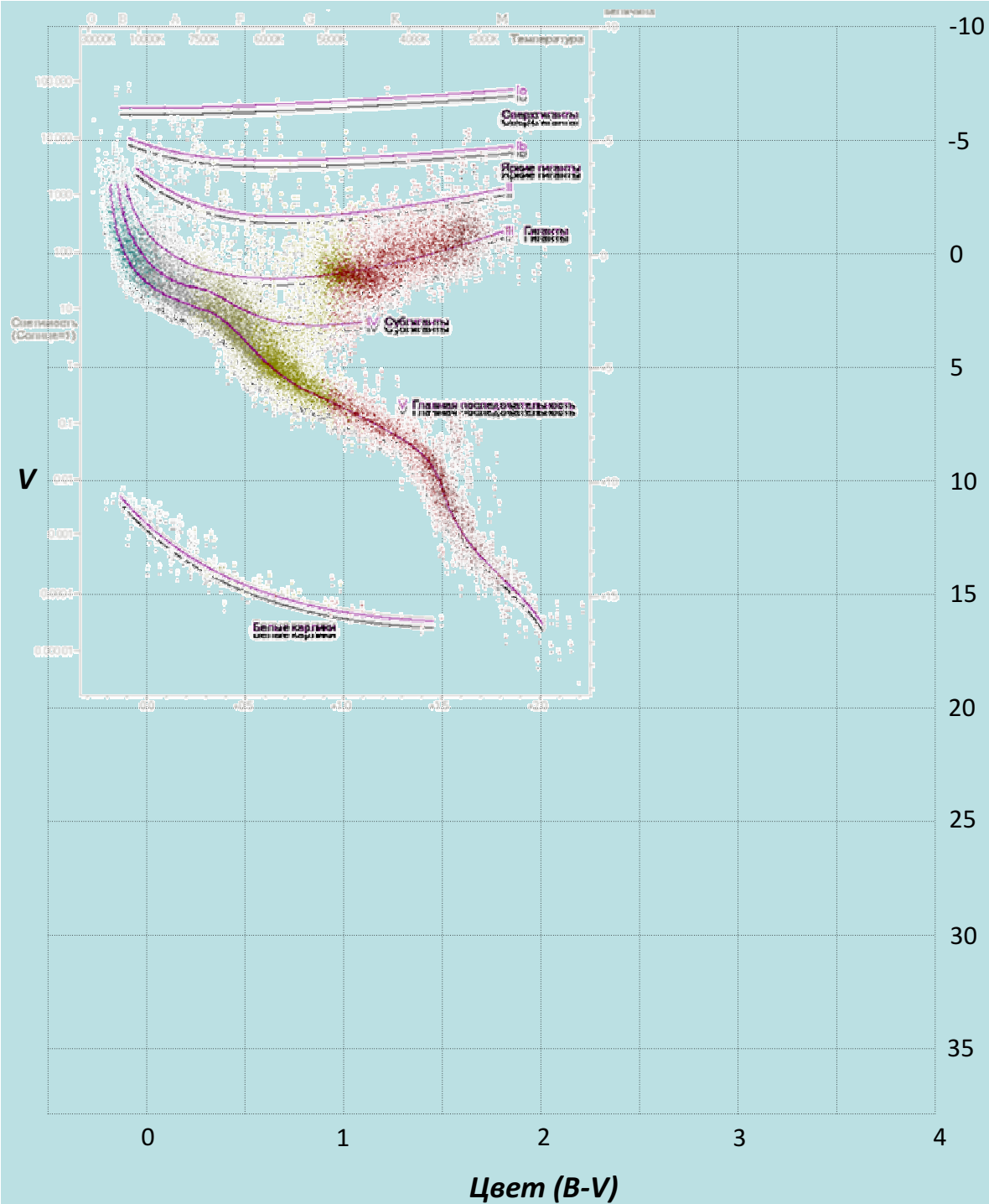
(Dickey, Lockman 1990, Carbella et al. 2005)

Излучение пыли (далекий ИК, разрешение ~6')

(Schlegel et al. 1998)

Исследование положения ветви красных гигантов и гигантов красного сгущения галактического балджа на диаграмме цвет-видимая величина

(Revnivtsev et al. 2009, Karasev et al. 2010a)

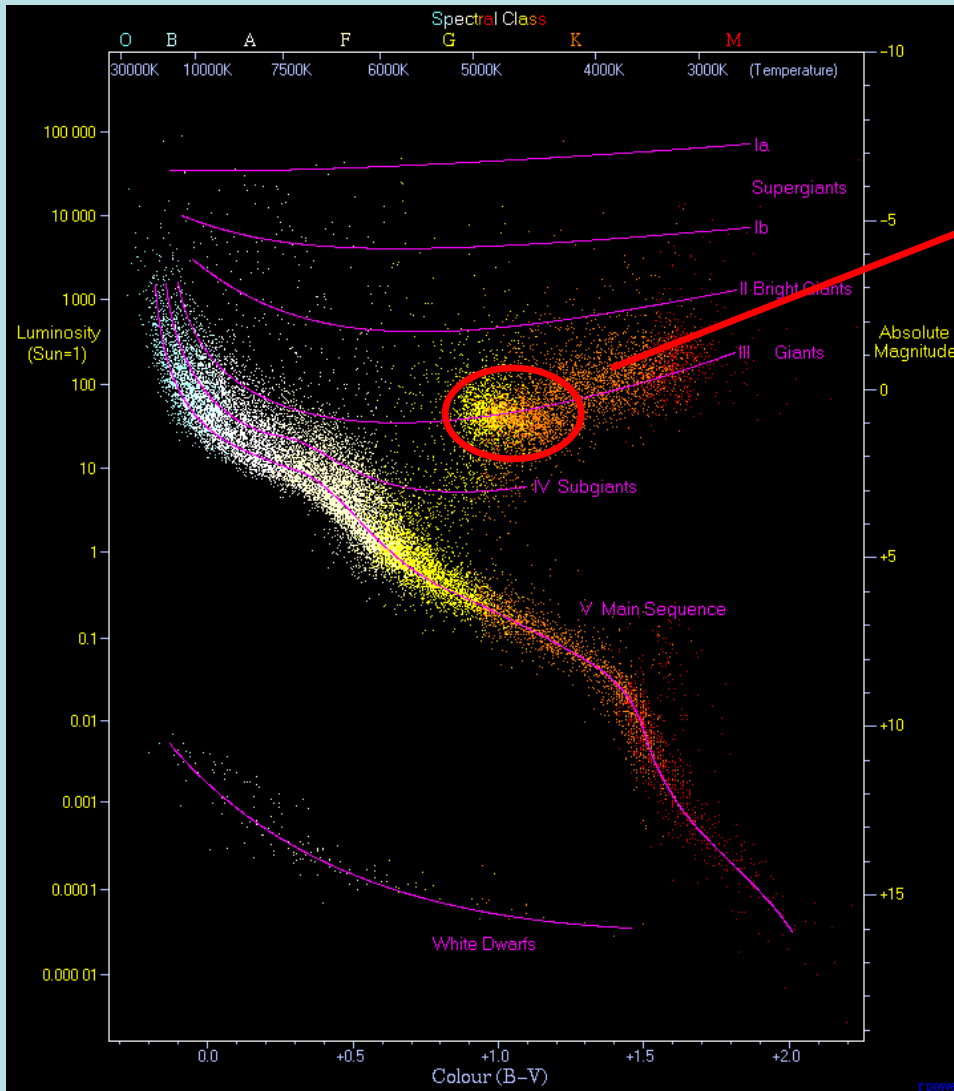


$D \approx 10000 \text{ ПК!}$

$A_V \approx 10$

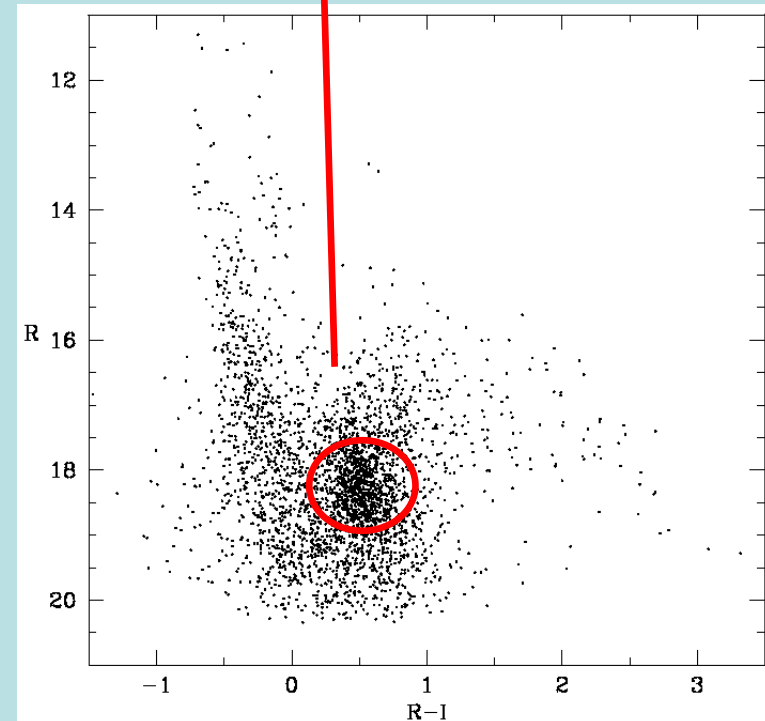
Основная идея

Hipparcos



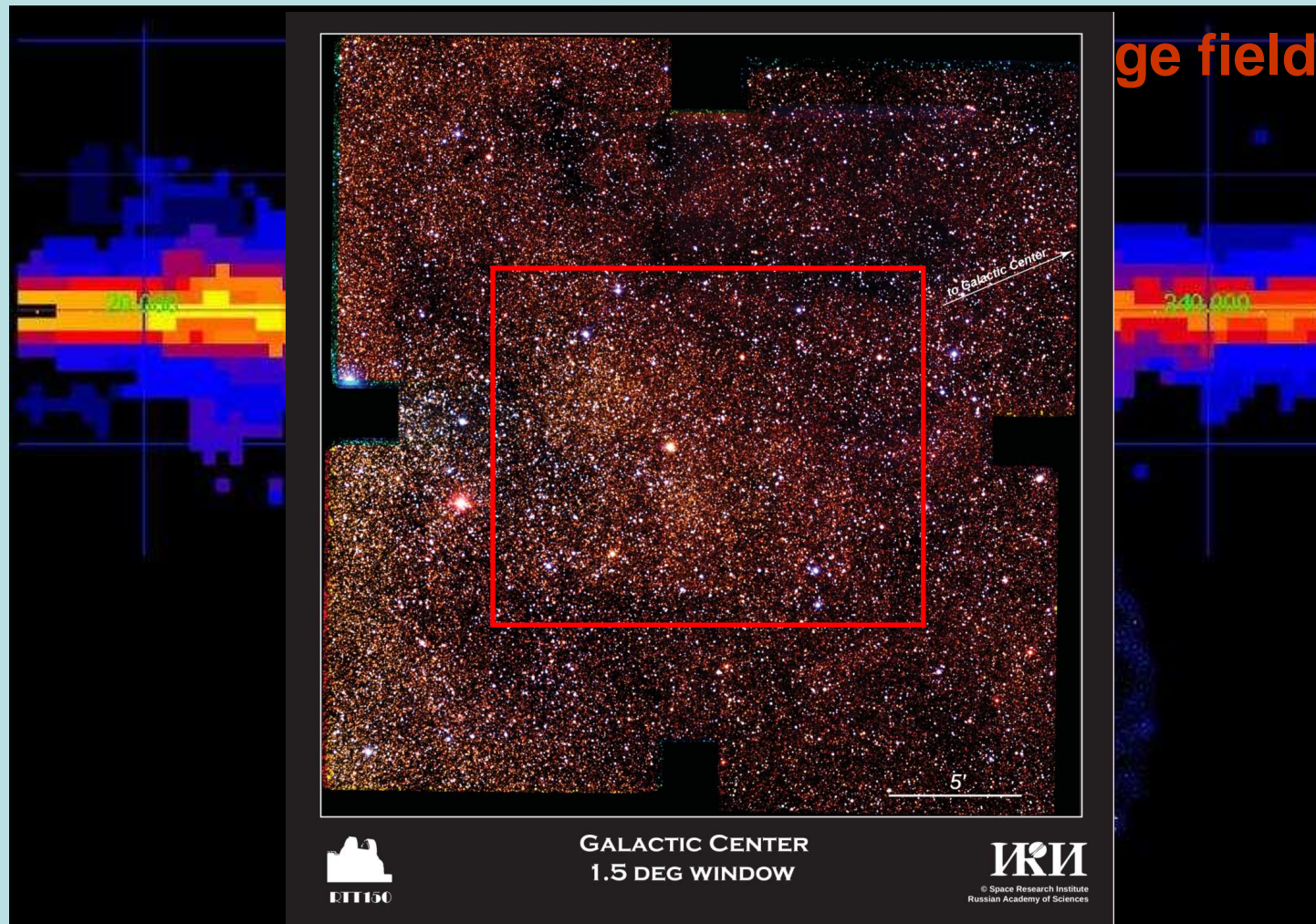
RCG

RTT-150



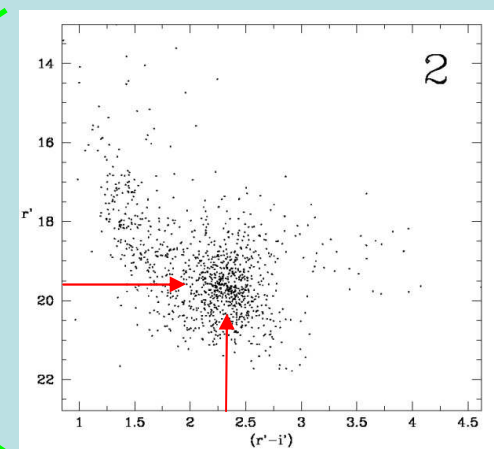
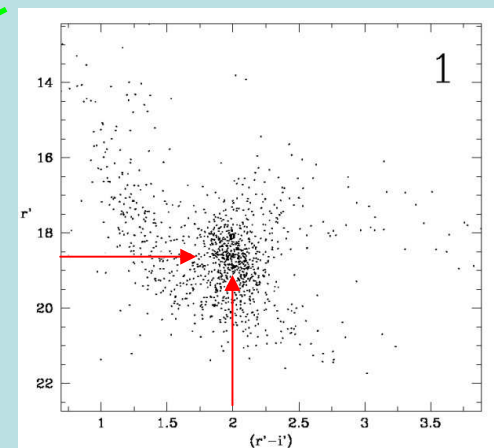
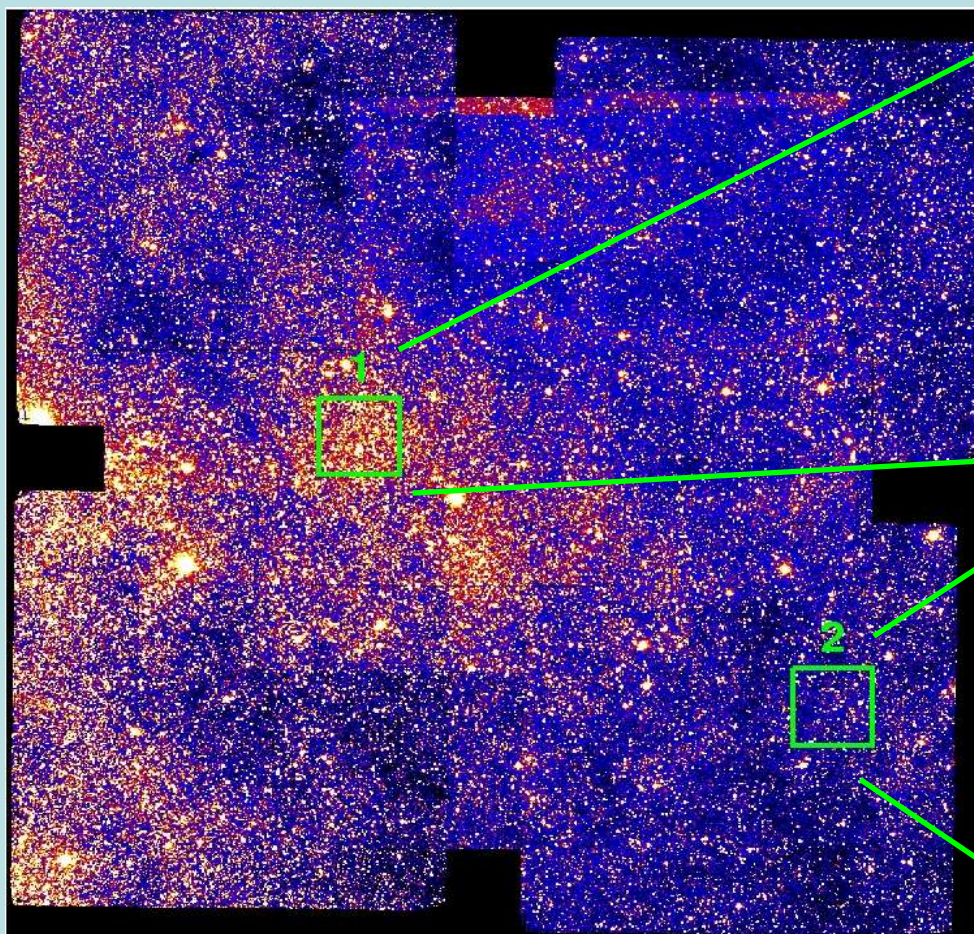
Оценка межзвездного поглощения

Чтобы определить природу оптического компаньона сначала необходимо оценить величину межзвездного поглощения и его закон в направлении на исследуемый источник.

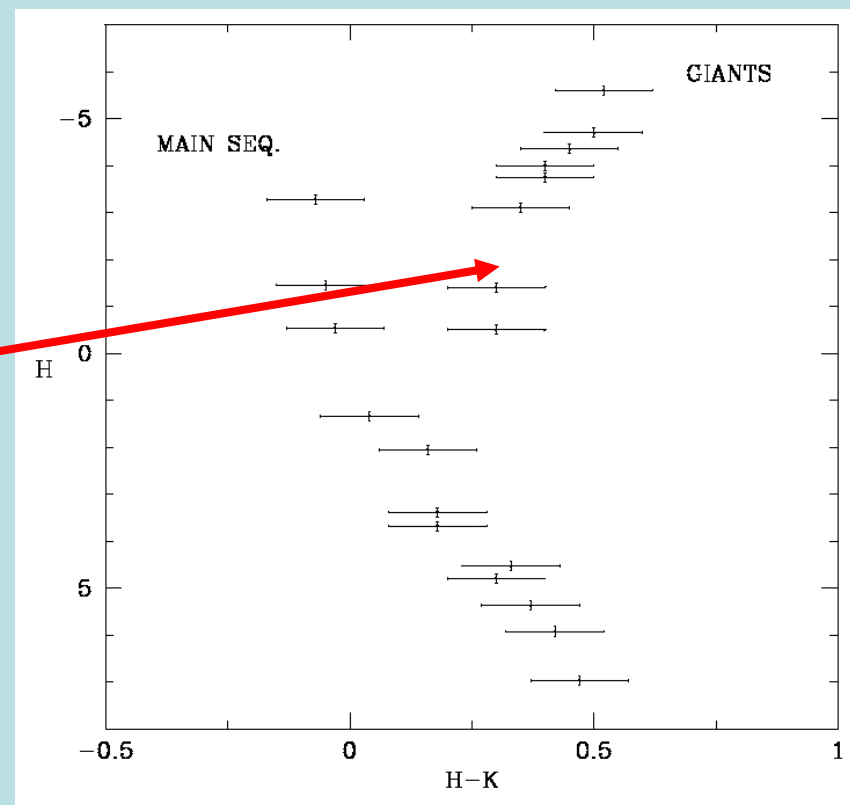
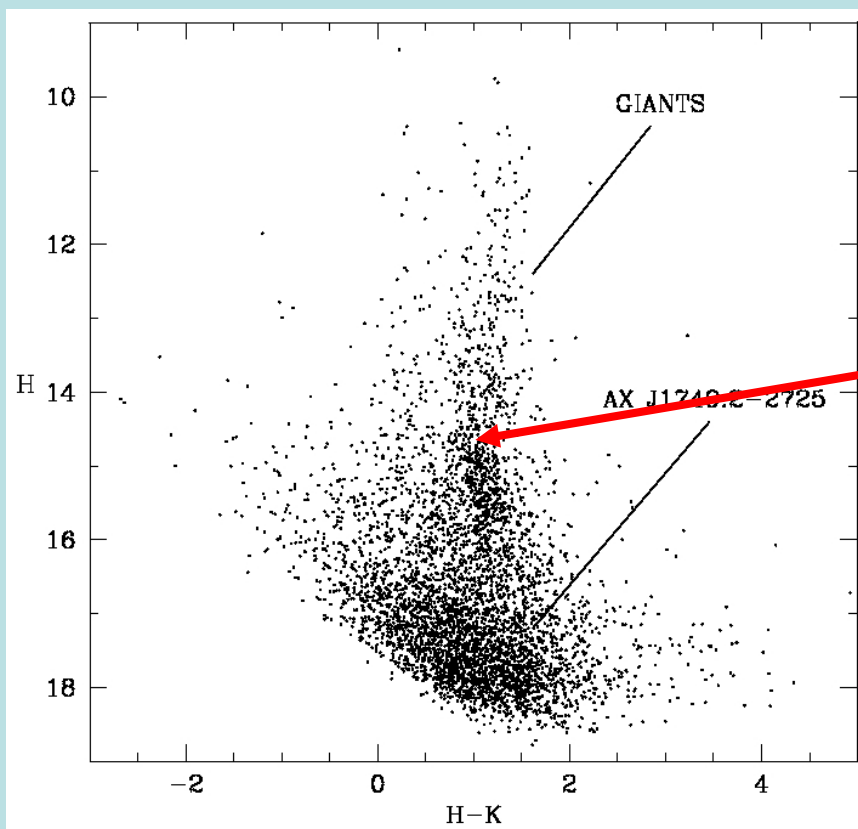


Оценка межзвездного поглощения

Чтобы определить природу оптического компаньона сначала необходимо оценить величину межзвездного поглощения и его закон в направлении на исследуемый источник.

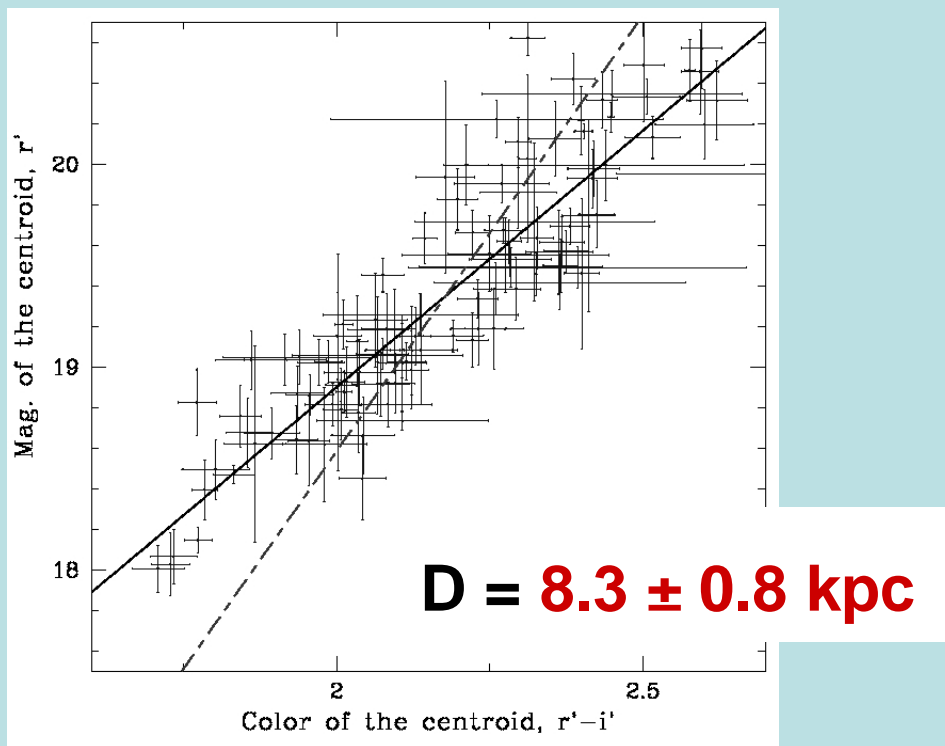


Строим диаграмму цвет – видимая величина
Ветвь красных гигантов, также как и гиганты красного сгущения ясно видны на диаграмме
Сравнивая полученную диаграмму с калибровочной, по положению ветви гигантов или их сгущения определяем поглощение до балджа в интересующем нас направлении.

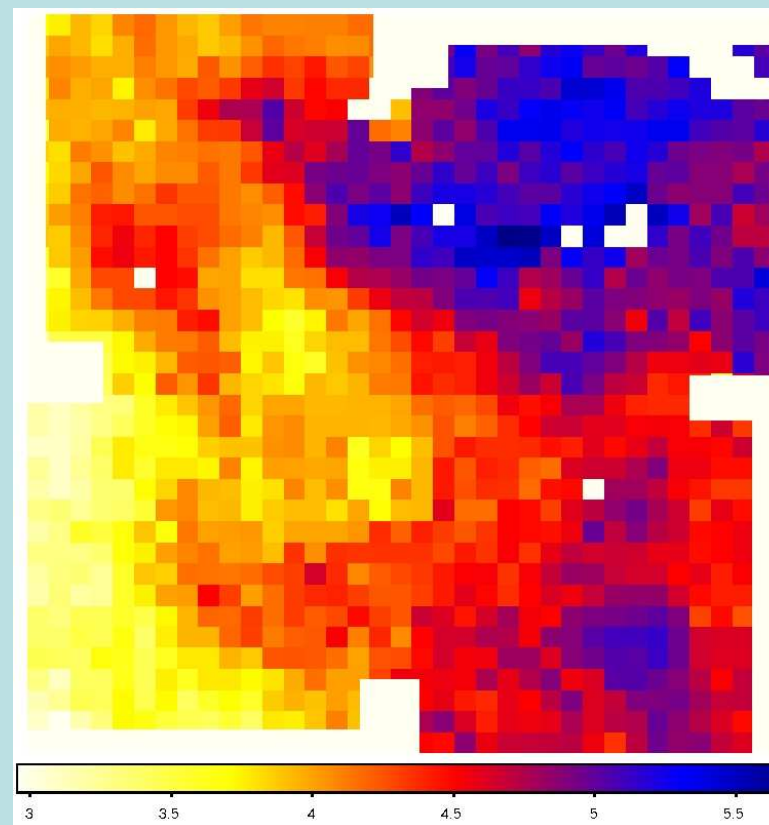


Оценка межзвездного поглощения

Чтобы определить природу оптического компаньона сначала необходимо оценить величину межзвездного поглощения и его закон в направлении на исследуемый источник.



$A_{r'}/A_{r'}-A_{i'} = 2.53 \pm 0.11$
(стандартный **4.3**, *Cardelli et al 1989*)



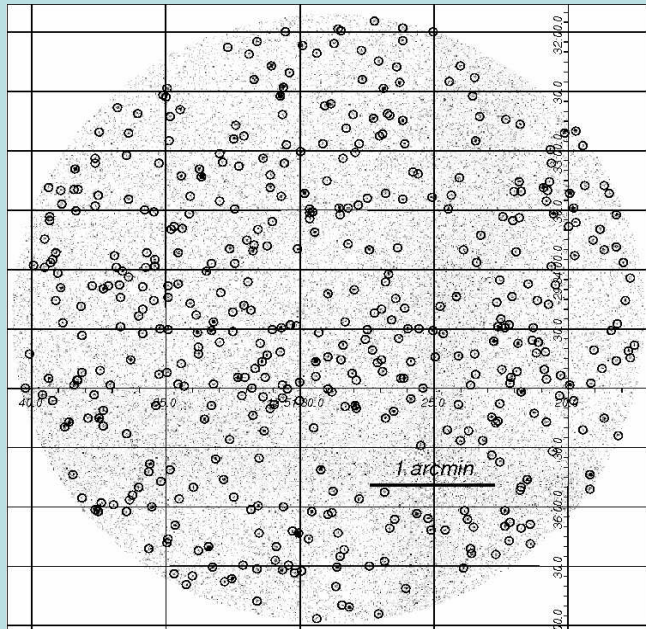
$A_{r'} = 3.0 - 5.5$

Karasev et al. (2010a)

Оптическая идентификация

Chandra observatory (X-rays)

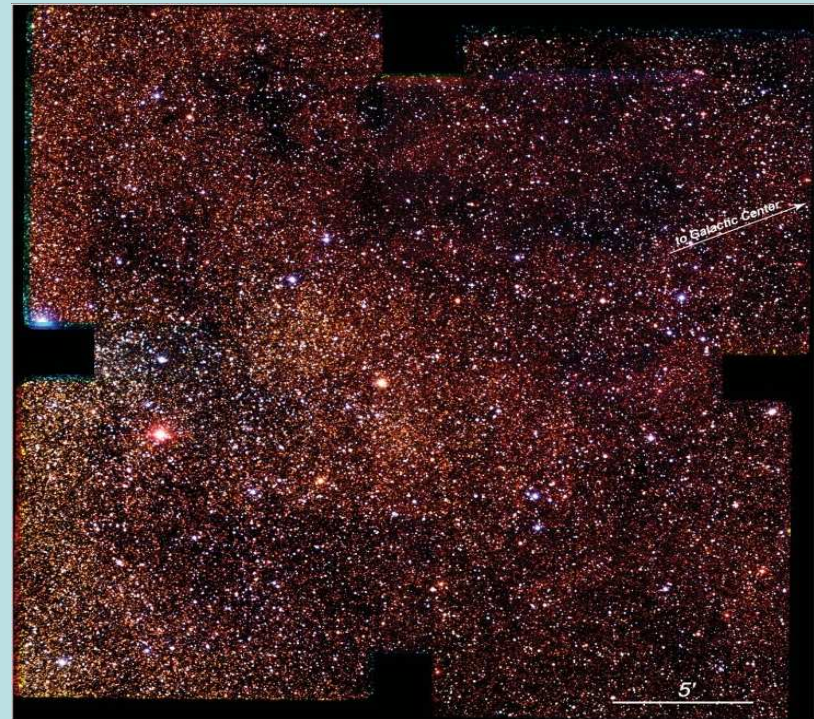
Deep observations of the sky field near the Galactic Center. 2D-map.
Hundreds unidentified sources with unknown types and distances.



Telescope RTT – 150 (optic)

Combined mosaic image of the same sky field.

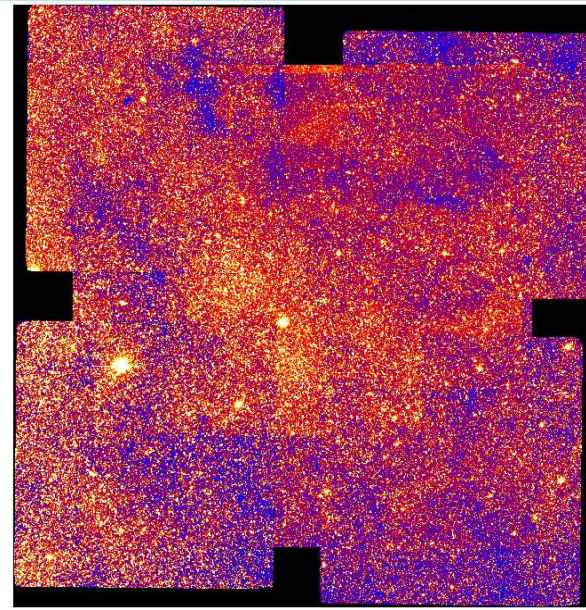
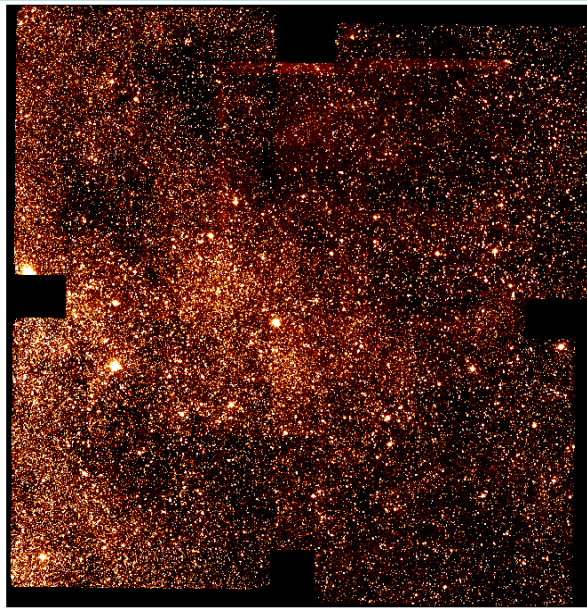
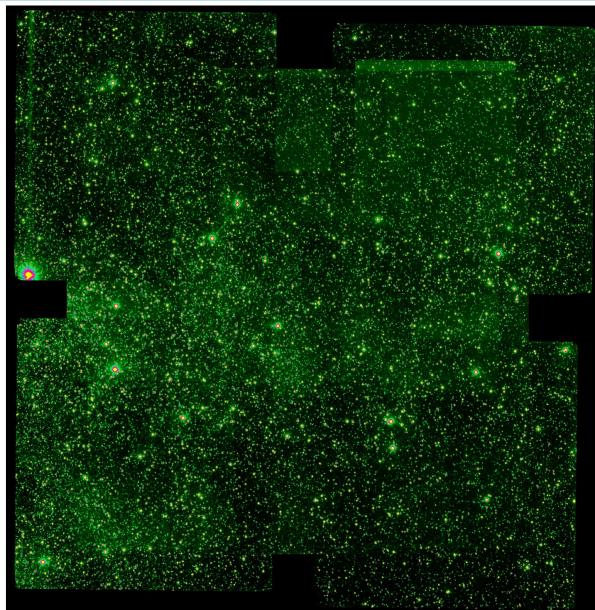
Dozens thousands objects



Purposes: determination of the type of sources, distances to them, building their 3D-distribution

Наблюдения в разных фильтрах, телескопы, каталоги

The same sky field in different filters (wavebands), observed with RTT-150



RTT -150 (g'-band)

~1000 stars per 1 sq.min

RTT -150 (r'-band)

~3000 stars per 1 sq.min

RTT -150 (i'-band)

~4000 stars per 1 sq.min

Telescope RTT -150 (field of view 30 sq.min)

Hubble Space Telescope HST (field of view 5 sq.min;
wavebands – R, g, H α ; ~40000 stars per 1 sq.min)

Infrared 2MASS catalog (J, H, K wavebands; ~2000 stars per
1 sq.min)

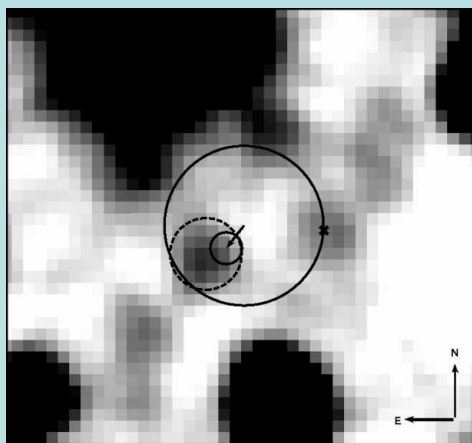
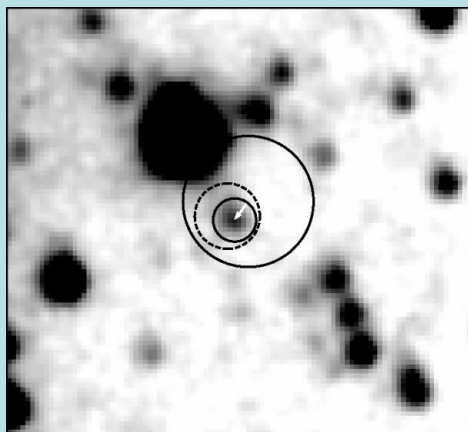
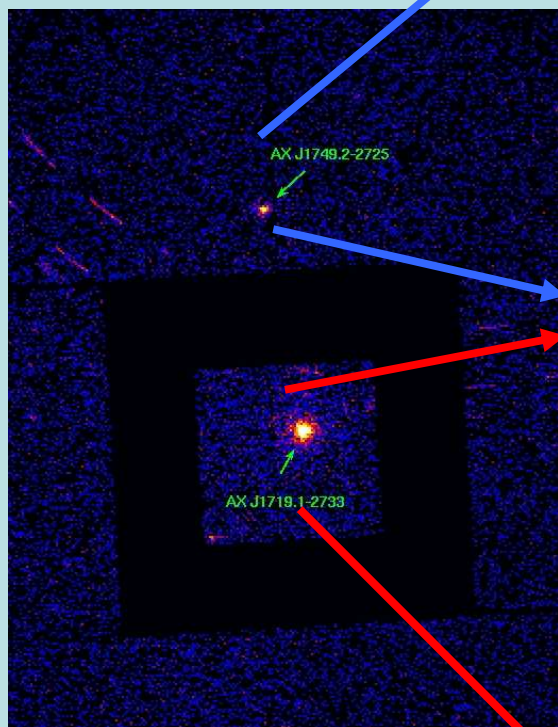
Алгоритм

- It is necessary to have observations of the same sky field in several filters or wavebands (preferably, no fewer than three);
- The photometrical analysis of data in different filters (with using the method of the PSF-photometry); recognition of objects; determination of their coordinates and magnitudes.
- Comparison of source locations in all filters and wavebands; cross-correlation of images and identification of objects.
- Construction of diagrams “color-luminosity” in different filters. From the position of the red giants branch the extinction to GB and its law are determined
- Comparing the obtained magnitudes with the spectral class of different type stars we determine the extinction, type and distance to the objects.
- Combining results of previous items allows us to construct the 3D distribution of stars near the Galactic Center.

Пример оптического отождествления рентгеновских источников

SOFI / NTT

XMM-Newton



	AXJ1749.2 -2725	AXJ1749.1 -2733
<i>i'</i>	--	>20.5
<i>J</i>	18.6 ± 0.2	> 18.7
<i>H</i>	15.57 ± 0.07	17.43 ± 0.14
<i>K</i>	14.95 ± 0.05	15.18 ± 0.03

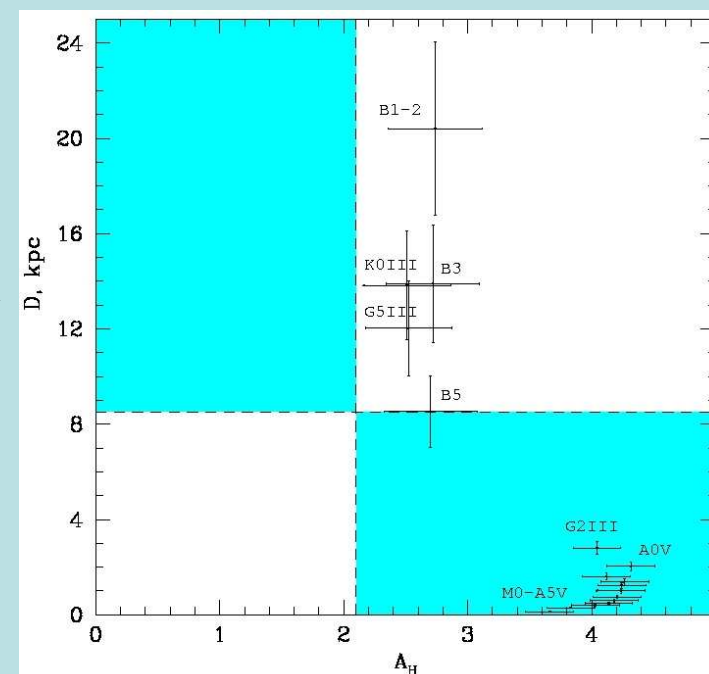
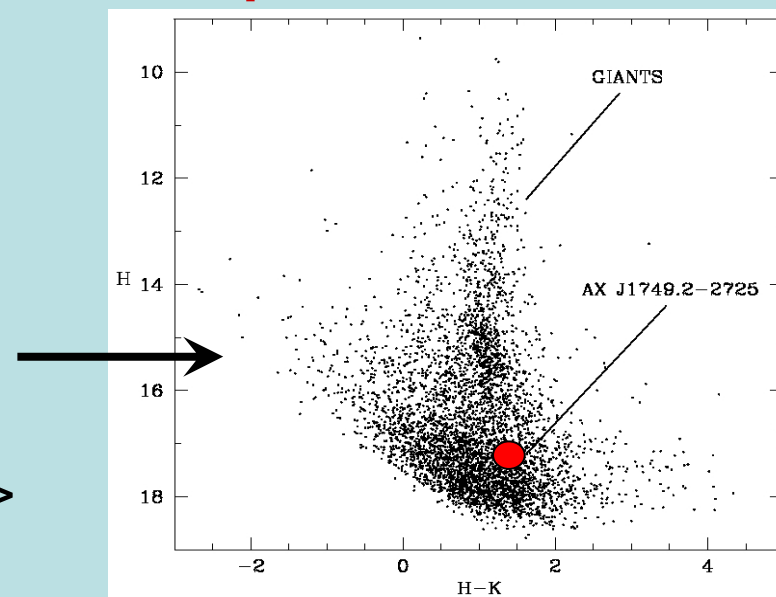
Необходимы наблюдения одного и того же участка неба, в нескольких диапазонах (фильтрах)

Определение типа звезды и расстояния до рентгеновского

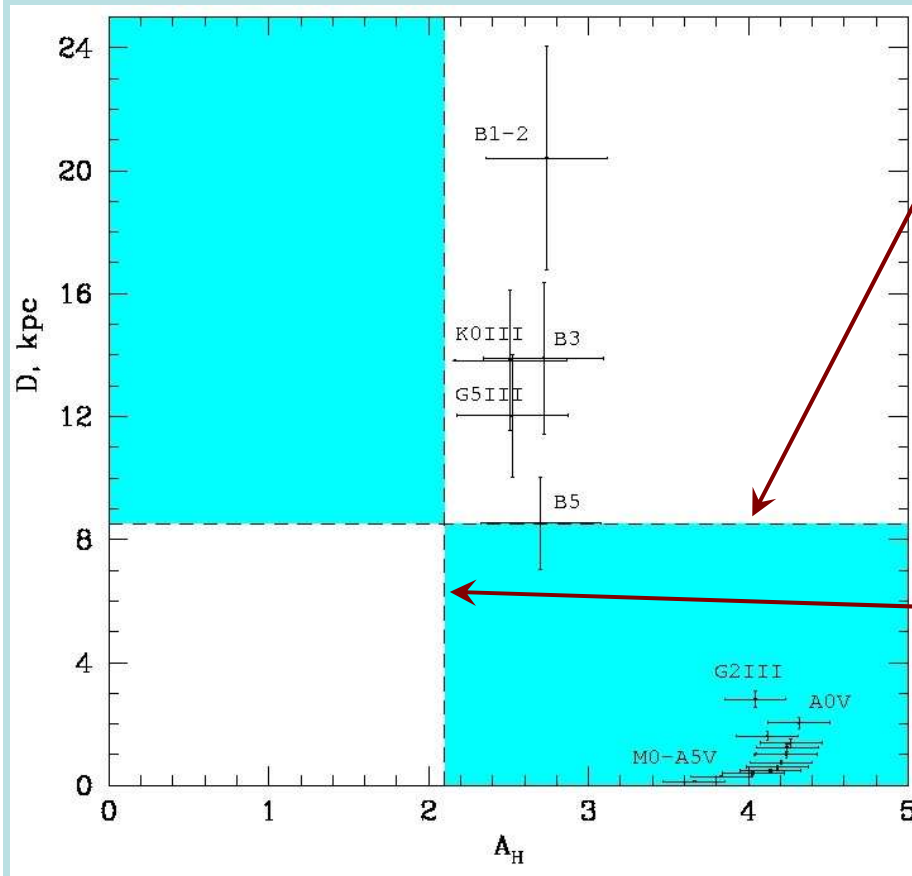
- диаграмма «цвет-светимость» для сотен/тысяч звезд в окрестности 1 угл.мин от источника;

- положение ветви звезд-гигантов => поглощение до балджа Галактики (расстояние $D \sim 8.5$ кпк);

- перебирая известные типы звезд находим какой из них, с учетом определенного выше поглощения, удовлетворяет наблюдаемым величинам в разных фильтрах.



Тип оптической звезды и расстояние



Расстояние до ГЦ
 $D=8.5$ крс

Закон поглощения
 $A_H / E(H-K) = 1.67 \pm 0.12$
(стандартный 2.75)

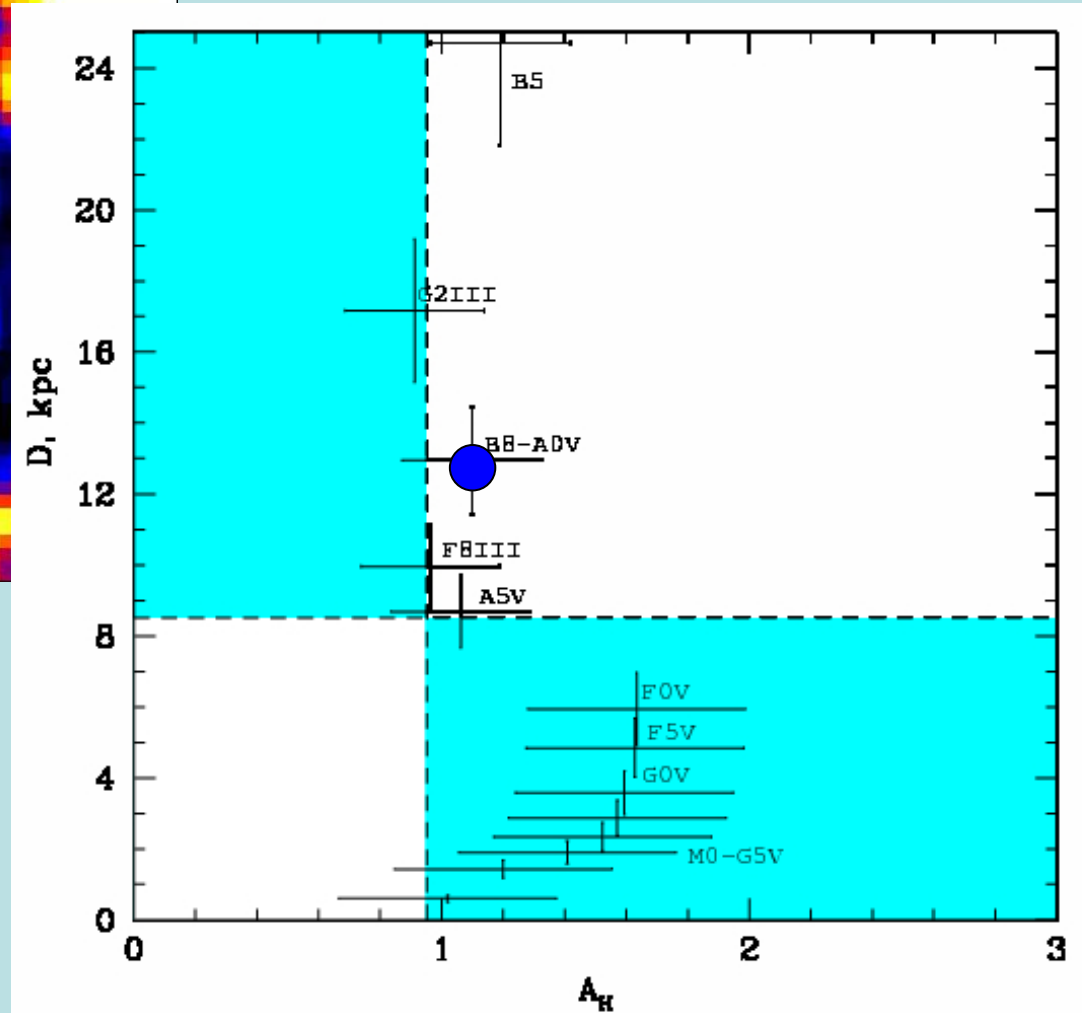
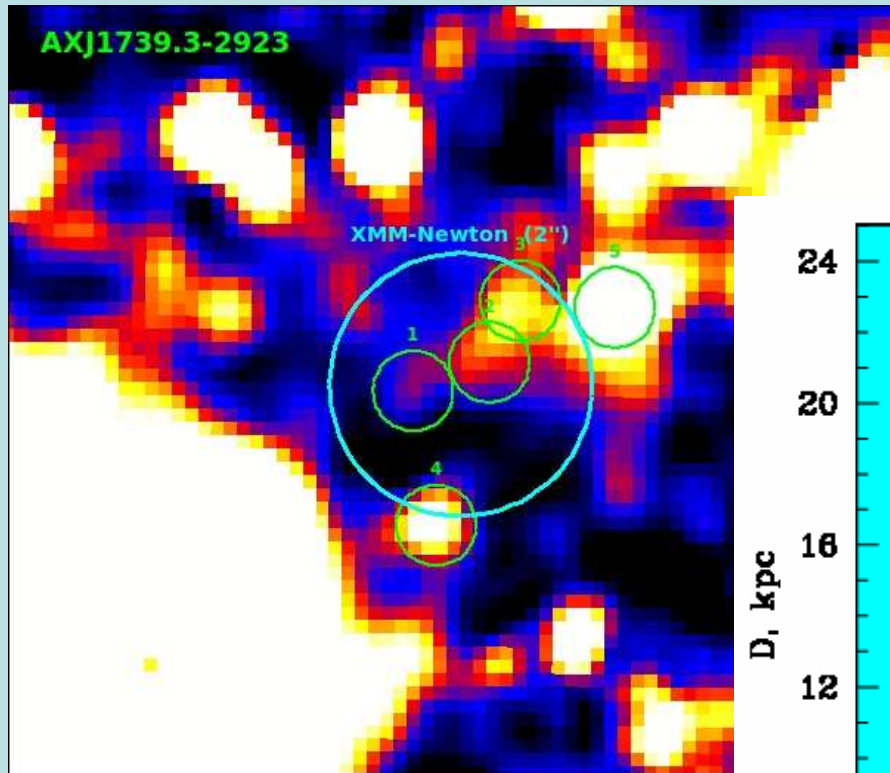
Поглощение до ГЦ
В направлении на источник
 $A_H (AXJ1749.2-2725) = 2.1 \pm 0.1$

Наиболее вероятный оптический компаньон
AX J1749.2-2725

звезда **B3** на расстоянии $D=14 \pm 2.5$ крс

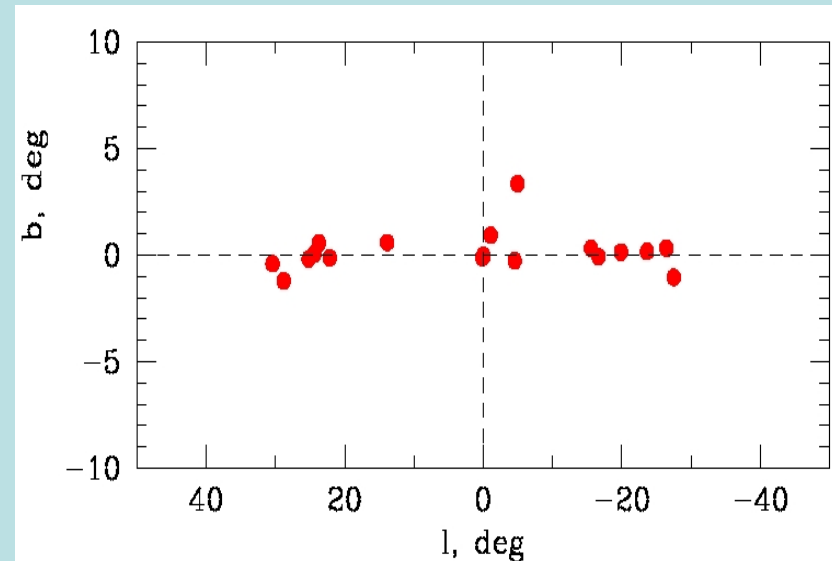
Karasev et al. (2010b)

AXJ1739.3-2923



Список предполагаемых НМХВс

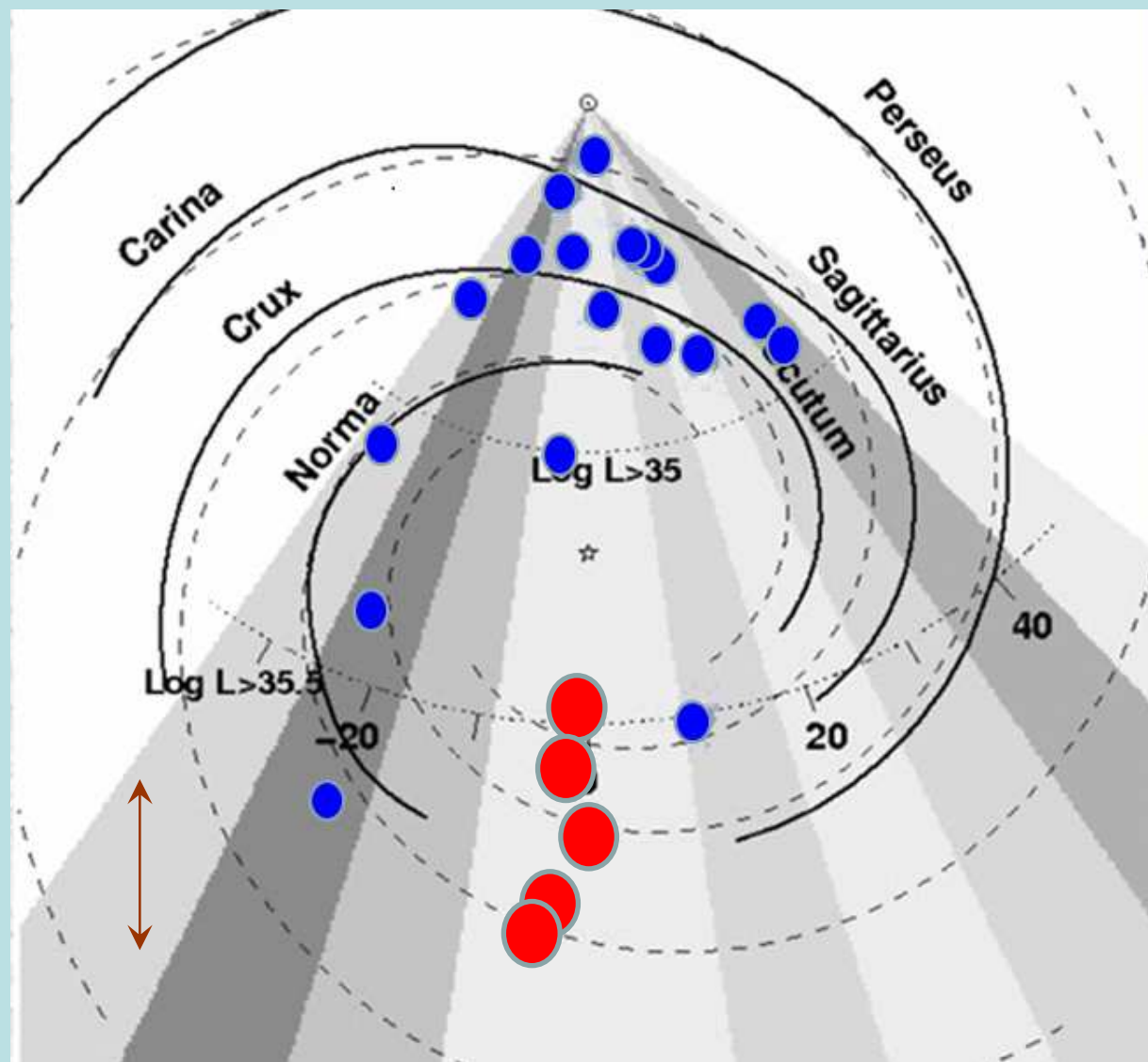
AX 1845.0-0433	AX J161929-4945
AX J183206-0938	IGR J17200-3116
IGR J18325-0756	IGR J16207-5129
IGR J18134-1636	A 1845-024
IGR J17463-2854	AX J1838.0-0655
IGR J16465-4507	AX J183528-0737
IGR J16195-4945	AX J1739.3-2923
AX J165904-4242	AX J163159-4752
IGR J17354-3255	Swift J174535.5-285921



Source	L, deg	B, deg	A_H , mag	$A_H / E(H-K)$
AXJ1749.1-2733	1.591	0.063	1.4 +/- 0.3	1.67 +/- 0.12
AXJ1749.2-2725	1.700	0.105	2.1 +/- 0.1	1.67 +/- 0.12
IGRJ17200-3116	355.018	3.344	0.74 +/- 0.11	2.47 +/- 0.14
AXJ1739.3-2923	358.895	0.922	0.95 +/- 0.12	1.83 +/- 0.11
IGRJ17463-2854	0.108	-0.121	3.27 +/- 0.15	2.0 +/- 0.2

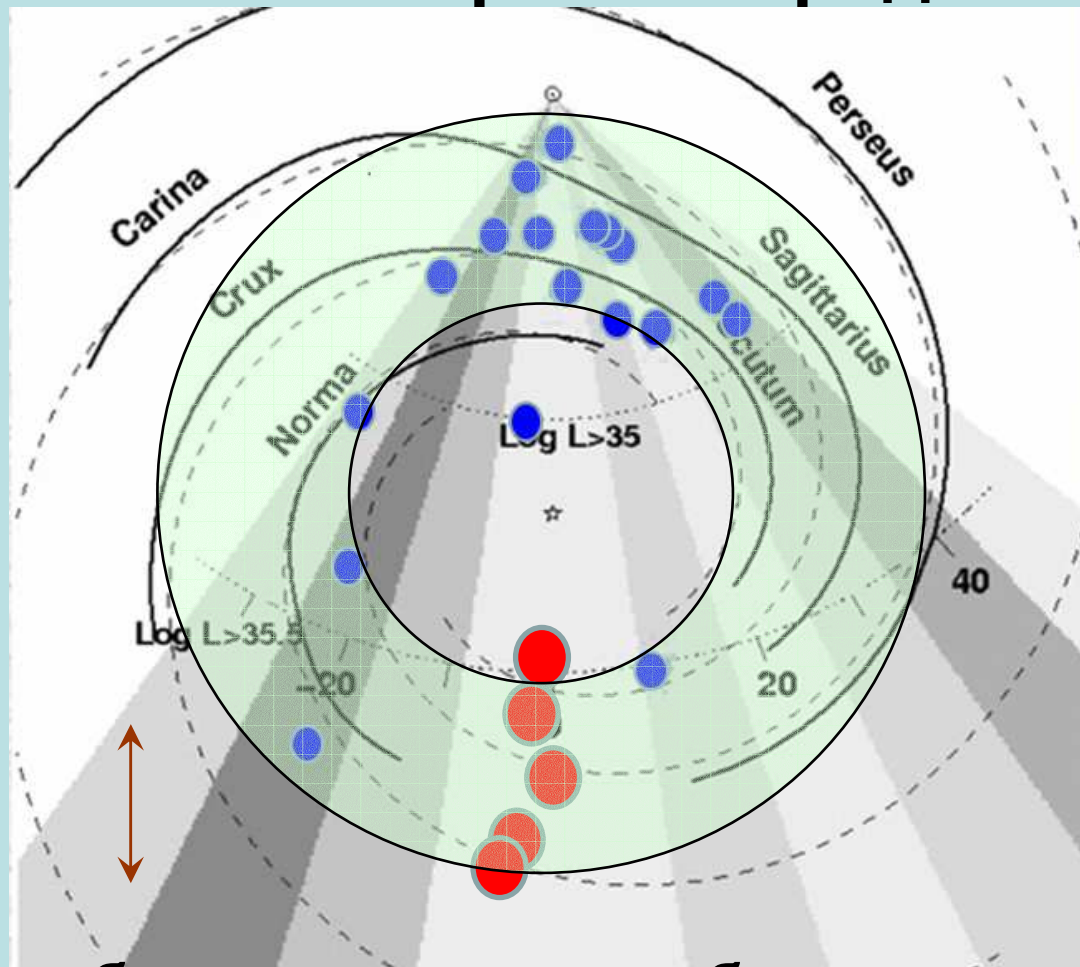
$A_H / E(H-K) = 2.75$ (стандартно)

HMXBs (известные расстояния) + new sources



Lutovinov et al. (2011, prepared for publication)

Заключение: работа продолжается



Метод может быть применен и к обычным звездам. Требуются эффективные алгоритмы локализации и отождествления объектов, выделения ветви и сгущения красных гигантов, вычислительные мощности

трехмерная структура внутренней области Галактики