



Межзвездные линии в оптических спектрах высокого разрешения Суд X-1 = V1357 Суд

Н.Г. Бочкарев, ГАИШ МГУ

Е.А. Карицкая, ИНАСАН РАН

В.Г. Клочкова, САО РАН

М.В. Юшкин, САО РАН

Семинар памяти Ю.И.Глушкова
Москва, ГАИШ МГУ, 21.09.2013

Карта Ринольдса
излучения Галактики в линии H α

Резюме

- Исследовались узкие межзвёздные линии поглощения в оптических спектрах высокого разрешения (3950-6690Å, $R = 75000$) Суг X-1 = V1357 Суг, полученных на 6-м телескопе САО РАН.
- Выявлены три основных абсорбционных компонента с гелиоцентрическими радиальными скоростями $V_r = -1, -13$ и -22 км/с, которые соответствуют трём газопылевым комплексам, расположенным на луче зрения до объекта. Это позволяет судить о распределении межзвёздного вещества на пути к Суг X-1.
- В профилях наиболее сильных линий, возможно, присутствует слабый компонент с $V_r = -45$ км/с, который мы связываем с расширяющейся межзвёздной оболочкой вокруг ассоциации Суг ОВЗ.
- Подтверждено, что Суг X-1 образовался и до сих пор находится в этой ассоциации.

Наблюдения

- БТА НЭС эшелле спектрограф
(2k x 2k) CCD camera

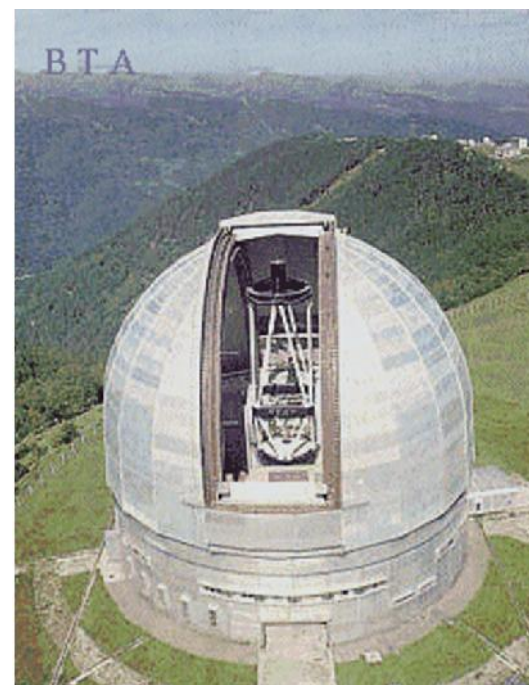
20 ночей 2005-2008 гг. 68 спектров

$R=75000$

Dates	N_n^a	N_s^b	Band, Å
12.11.2005	1	2	4557–6015
13–19.11.2005	2	6	5274–6693
14–15.03.2006	2	7	3978–5462
7–15.08.2006	6	24	4010–5460
24.07–5.09.2007	7	22	3943–5398
17–19.08.2008	2	7	4548–6005

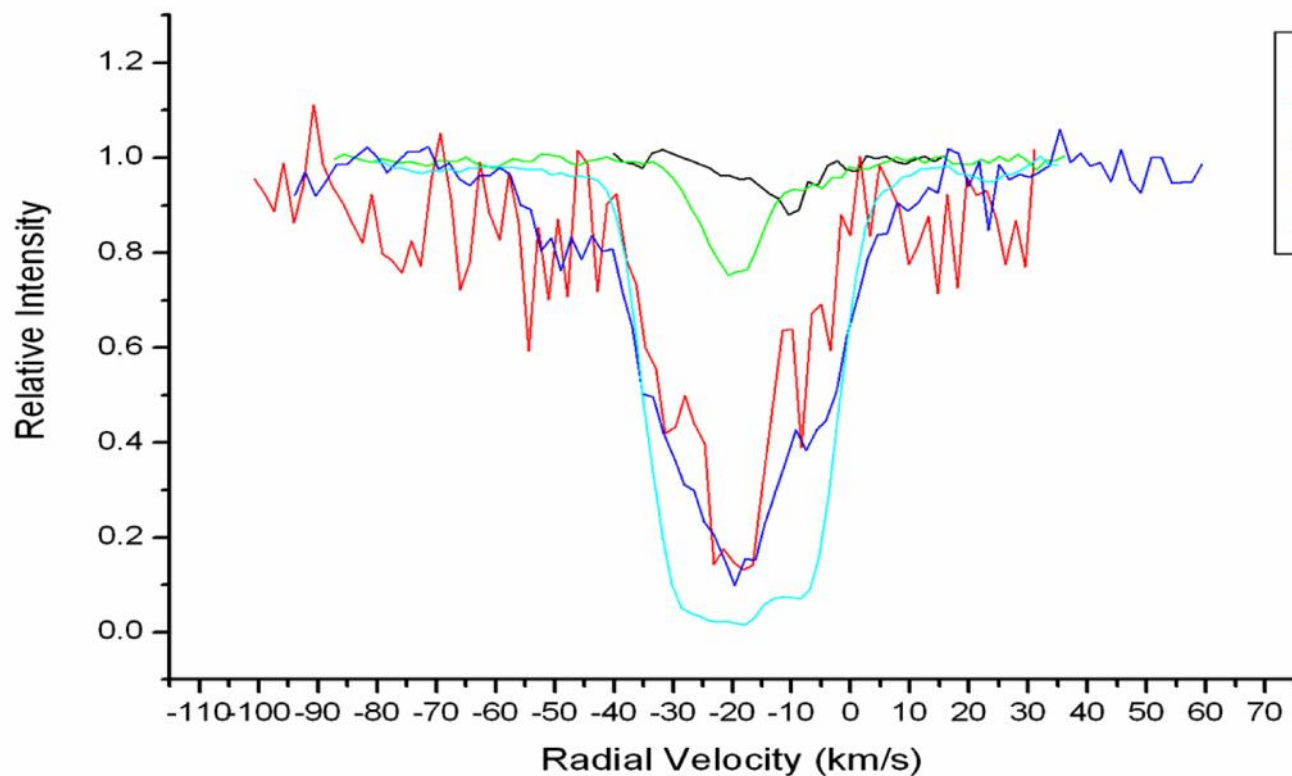
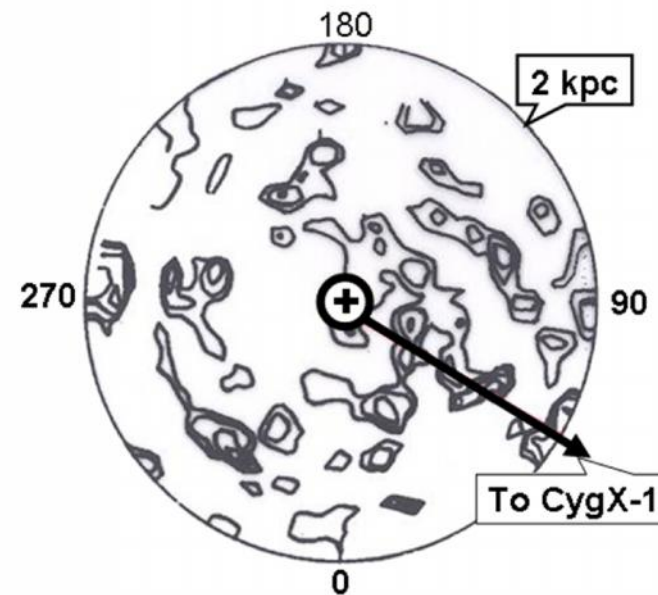
Notes: a number of nights; b number of spectra.

$S/N \sim 330$ (до 500 на элемент разрешения 4 км/с)



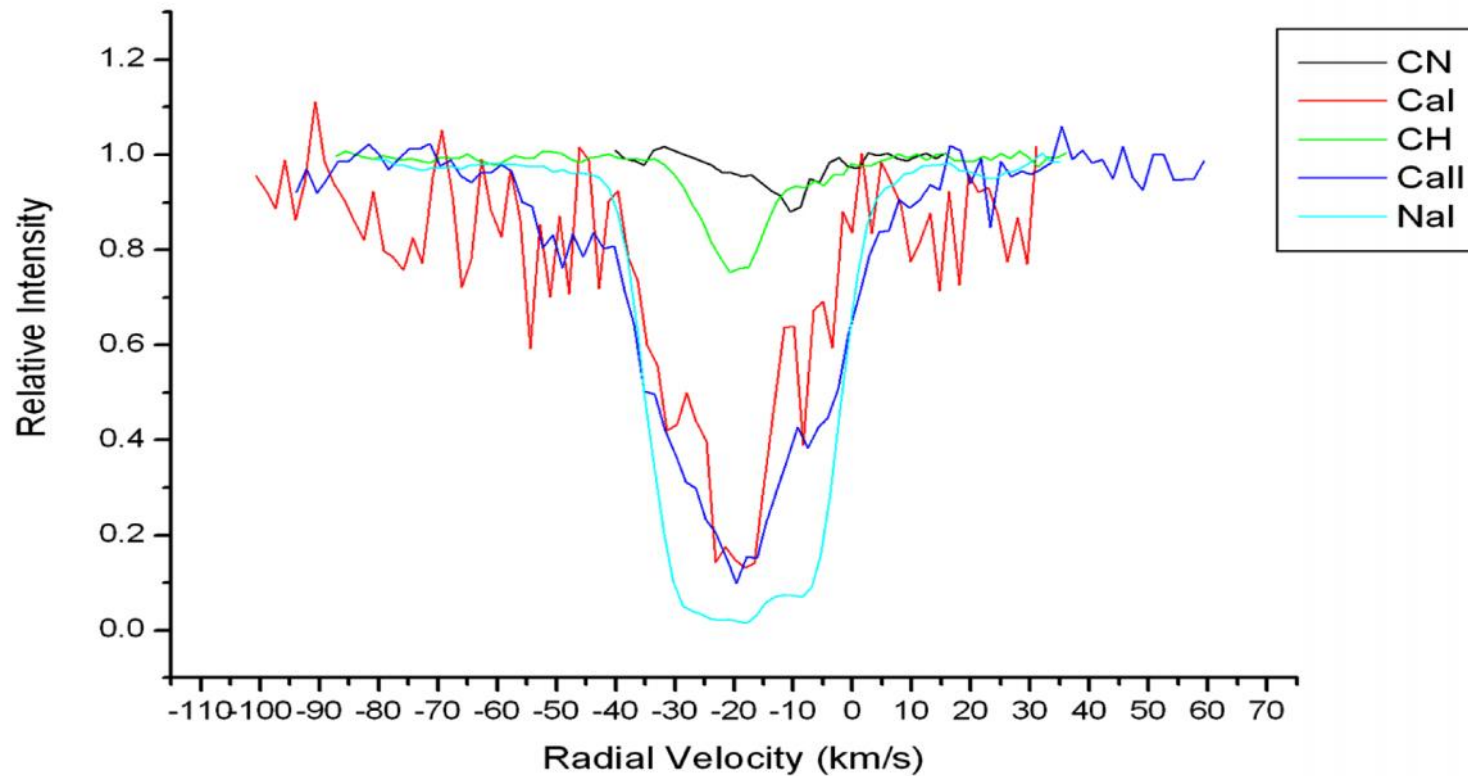
Межзвездные линии - индикатор расстояния до Лебеда X-1

Распределение
поглощающей
материи
в окрестности
Солнца



Профили МЗ линий
по спектрам с
 $R=30000/44000$

Профили МЗ линий по спектрам с 1.84-м телескопа экспозиция 2 часа R=30000/44000



Межзвездные линии

Таблица 2: Table 2. Measured interstellar lines in the Cyg X-1 optical spectra

Wavelength, Å	Species	N_s^a	S/N	Line depth	V_r , km/s	$\Delta V_{0.25}$, km/s	$\Delta V_{0.5}$, km/s	$\Delta V_{0.75}$, km/s	W_λ , mÅ	Comm.
3957.7	CH ⁺	22	150	0.166	-13.3	6.7	10.3	15.2	64	1
3968.468	H Ca II	22	170	0.843	-13.8	5.9	30.4	41.8	354	
4044.136	K I	53	200	0.027	-11.5	5	21	22	4.8	
4047.206	K I	53	200	0.014	-10.7	6	15	33	2.5	
<4045>	K I	53	250	0.021	-11.3	4.7	10	24	4.1	2
4226.728	Ca I	53	310	0.084	-13.1	7.2	11.4	30.4	21	
4232.548	CH ⁺	53	290	0.230	-13.0	8.4	12.8	23.4	52	
4300.321	CH	53	330	0.233	-11.7	7.1	11.1	18.3	45	
5889.951	D2 Na I	15	240	0.980	-12.5	30.1	35.4	41	733	3
5995.924	D1 Na I	15	240	0.978	-14.4	28.8	33.5	38.7	691	3

Notes: ^anumber of the spectra.

Comments: 1 – defect in the spectra, profile is not very reliable; 2 – summary profile of the K I doublet; 3 - profile is somewhat distorted because of overlapping weak terrestrial atmosphere line in parts of spectra marked in Figure 1 by black ticks.

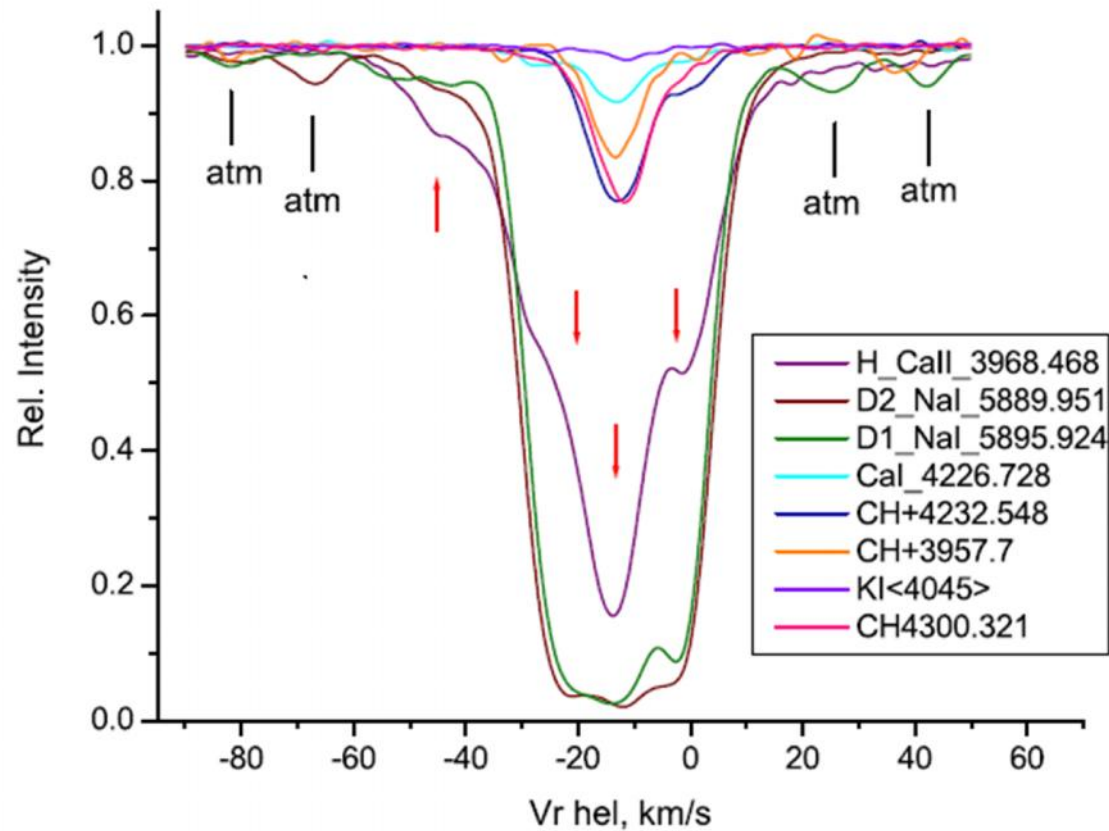


Рис. 1: Figure 1. Profiles of interstellar lines obtained from the 6-meter telescope Cyg X-1 optical spectra: relative intensity *vs* heliocentric radial velocity $V_{r\ hel}$. Profiles are shown by different colors according to the imbedded panel. Black ticks labeled “atm” mark positions of the terrestrial atmosphere H₂ absorption lines on the D1 and D2 NaI line profiles. Red arrows indicate radial velocities of the main components of the interstellar line profiles.

Структура межзвездной среды в направлении Суг X-1

Видны 3 основных компонента МЗ среды:

- $V_r \text{ hel} = -1 \text{ км/с}$ $V_{\text{LSR}} = +14 \text{ км/с}$ | согласуются со скоростью
 - $V_r \text{ hel} = -13 \text{ км/с}$ $V_{\text{LSR}} = +2 \text{ км/с}$ | Галактического вращения
 - $V_r \text{ hel} = -22 \text{ км/с}$ $V_{\text{LSR}} = -7 \text{ км/с}$ | в направлении на Суг X-1
- и слабая компонента:
- $V_r \text{ hel} \sim -40 \dots -50 \text{ км/с}$ $V_{\text{LSR}} \sim -30 \text{ км/с}$ | возникает в оболочке Суг 3 (?)

Коррекция за движение Солнца относительно Местного стандарта покоя (LSR – близких МЗ облаков и молодых звезд):

Согласно Заболоцких и др. (2002) ПАЖ и Melnik, Dambis (2009) MNRAS компоненты пекулярной скорости Солнца относительно LSR в Галактической системе координат

$U_0 = 10 \text{ км/с}$, $V_0 = 12 \pm 1 \text{ км/с}$, $W_0 = 7 \pm 1 \text{ км/с}$ (для $R_0 = 7\text{--}9 \text{ кпк}$)

→ Пекулярная скорость Солнца относительно местного стандарта покоя в направлении Суг X-1 $V_s = 15 \text{ км/с}$.

СВЯЗЬ Суг Х-1 с Суг ОВ3

Собственные движения:

Суг Х-1: $\mu\alpha = -0.00382 \pm 0.00079$ $\mu\delta = -0.00762 \pm 0.00091$

Суг ОВ3: $\mu\alpha = -0.00310 \pm 0.00025$ $\mu\delta = -0.00710 \pm 0.00025$

Лучевая скорость:

Суг Х-1: $V_r \text{ hel} = -3.3 \pm 1.1$ км/с (Ааб 1983);

-2 ... -11 км/с (Абубекеров и др. 2004);

Суг ОВ3: -9.5 $\pm$ 1.8 км/с (Мельник и Дамбис 2009);

дисперсия V_r 9.5 км/с.

Итак, совпадают все 3 компоненты скоростей и расстояние.

Выводы:

- Суг Х-1 расположен в ОВ-ассоциации Суг ОВ3;
- Слабая компонента М3 линий ($V_r \text{ hel} \sim -40 \dots -50$ км/с; $V_{\text{LSR}} \sim -30$ км/с) по-видимому связана с Суг 3 - сверхоболочкой вокруг ассоциации (Бочкарев, Ситник 1985);
- По видимому, Суг Х-1 родился в ассоциации Суг ОВ3;
- Kick-эффект для системы Суг Х-1 был < 16 км/с.

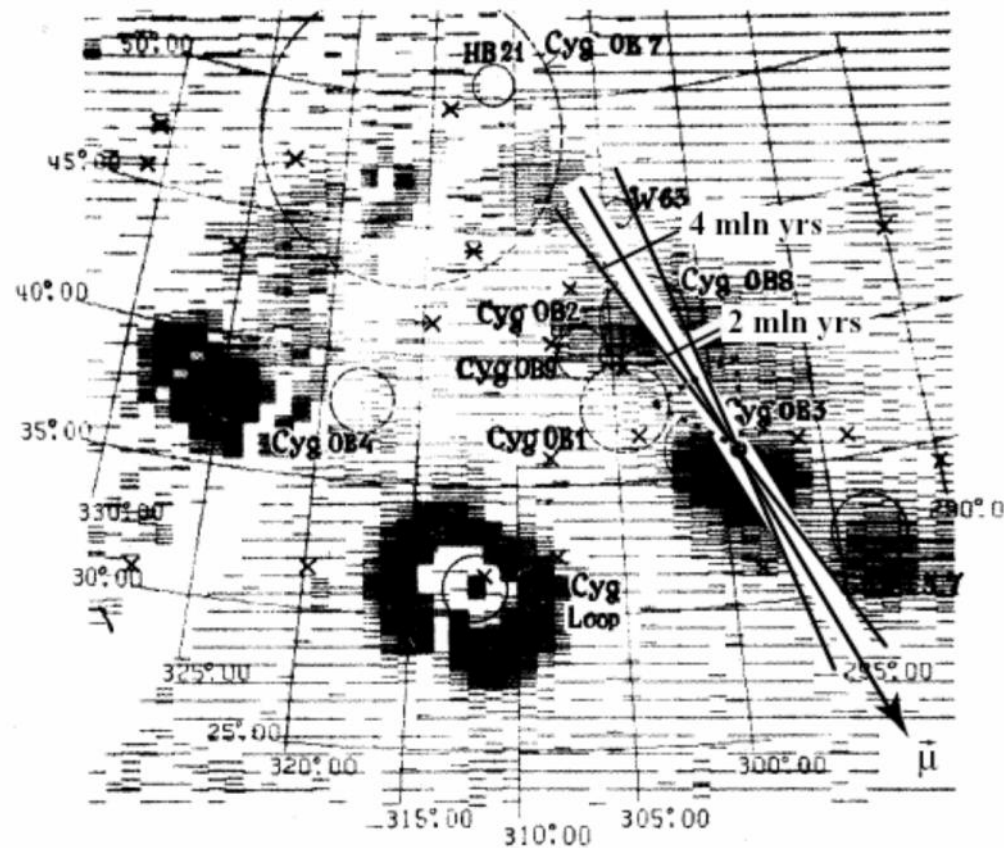


Figure 2: HEAO1 map of soft X-ray distribution in the Cygnus region (Figure from [3]). Solid circles on the X-ray picture mark supernova remnants, dash circles indicate the boundaries of stellar associations, and crosses mark the X-ray sources. Cyg X-1 proper motion μ is shown with $\pm\sigma$ uncertainty.

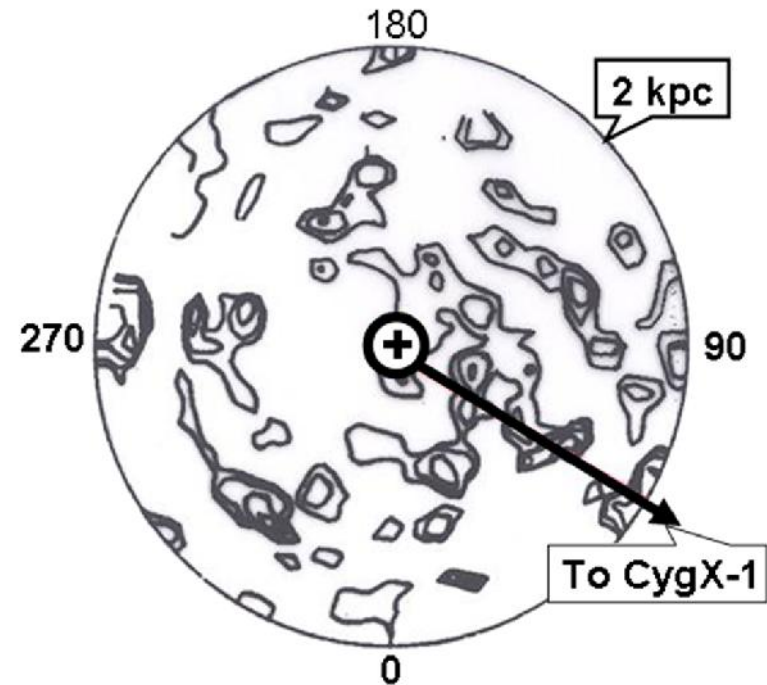
Распределение поглощающей материи в окрестности Солнца

В короткой шкале
галактических расстояний
 $R_0 = 7-8$ кпк расстояния
до M3 комплексов:

300 пк

От 800 пк до 1300 пк

от 1500 пк до >1800 пк



Карта Liske (1978) 3D
распределения M3
экстинкции света в шкале
 $R_0 = 10$ кпк сглаженная по
200 пк на расстоянии до 2 кпк
вокруг Солнца в плоскости
Галактики. Контуры
соответствуют $dE(b-V)/dr =$
0.5, 1, 2, 4 зв.вел./кпк.

Расстояния до МЗ облаков

Карта Луске (1978) 3D распределения
МЗ экстинкции света в шкале $R_0 =$
10 кпк сглаженная по 200 пк на
расстоянии до 2 кпк вокруг Солнца в
плоскости Галактики. Контуры
соответствуют $dE(b-V)/dr = 0.5, 1, 2, 4$
зв.вел./кпк.

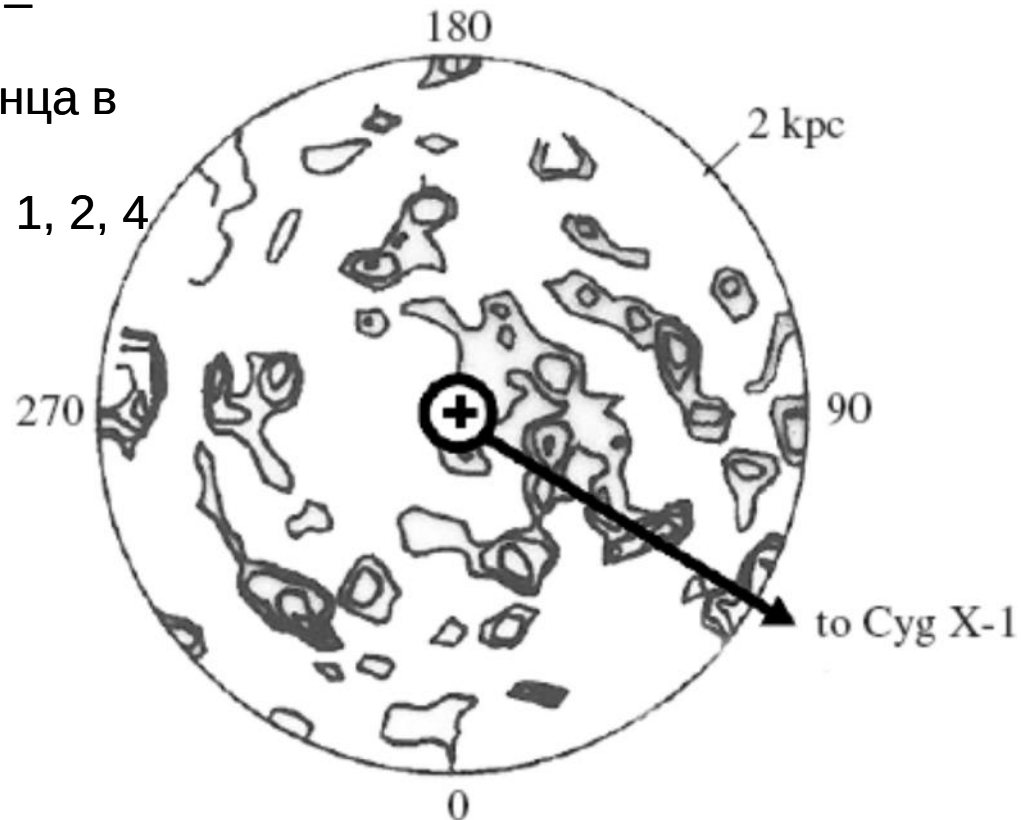


Figure 3: Distribution of obscuring matter in the galactic plane [4] in the region inside 2 kpc from the Sun. The contours represent lines of equal values $dE(B-V)/dr = 0.5, 1.0, 2.0, \text{ and } 4.0 \text{ mag} \cdot \text{kpc}^{-1}$.

Выводы

- На основании исследования узких межзвёздных линий поглощения в оптических спектрах высокого разрешения (3950-6690Å, $R = 75000$) Cyg X-1 = V1357 Cyg, полученных на 6-м телескопе САО РАН:
- Выявлены три основных абсорбционных компонента с гелиоцентрическими радиальными скоростями $V_r = -1, -13$ и -22 км/с, которые соответствуют трём газопылевым комплексам, расположенным на луче зрения до объекта. Это позволяет судить о распределении межзвёздного вещества на пути к Cyg X-1.
- В профилях наиболее сильных линий, возможно, присутствует слабый компонент с $V_r = -45$ км/с, который мы связываем с расширяющейся межзвёздной оболочкой вокруг ассоциации Cyg OB3.
- Подтверждено, что Cyg X-1 образовался и до сих пор находится в этой ассоциации.

Спасибо за внимание

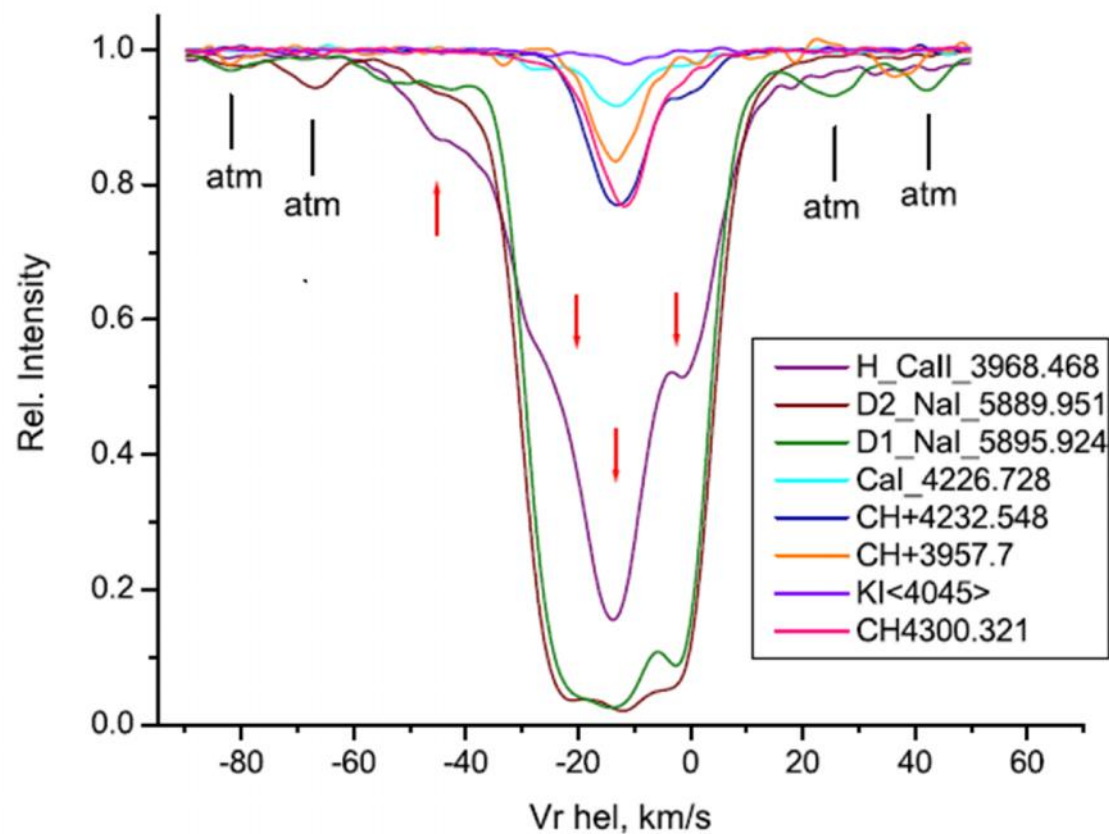
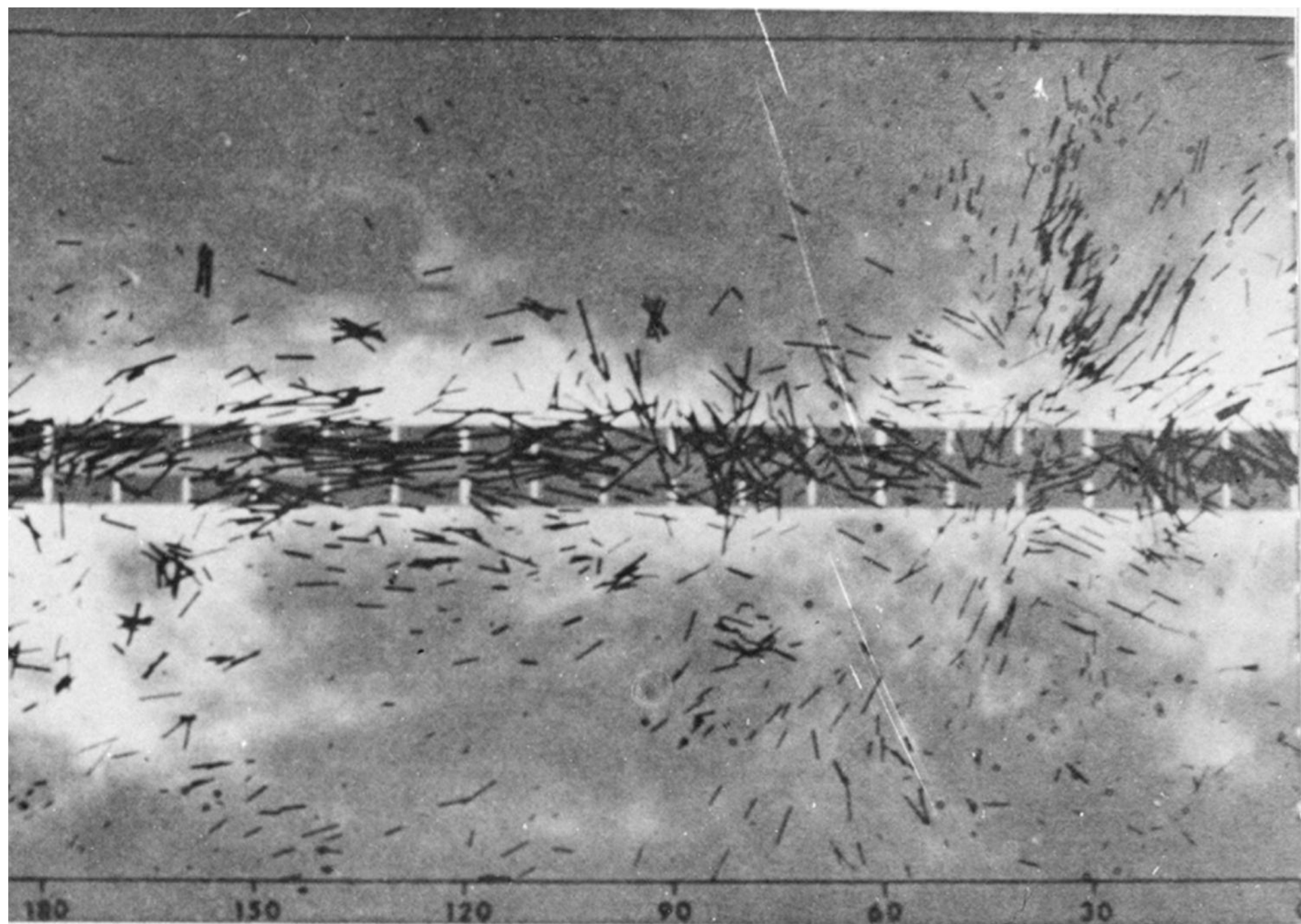
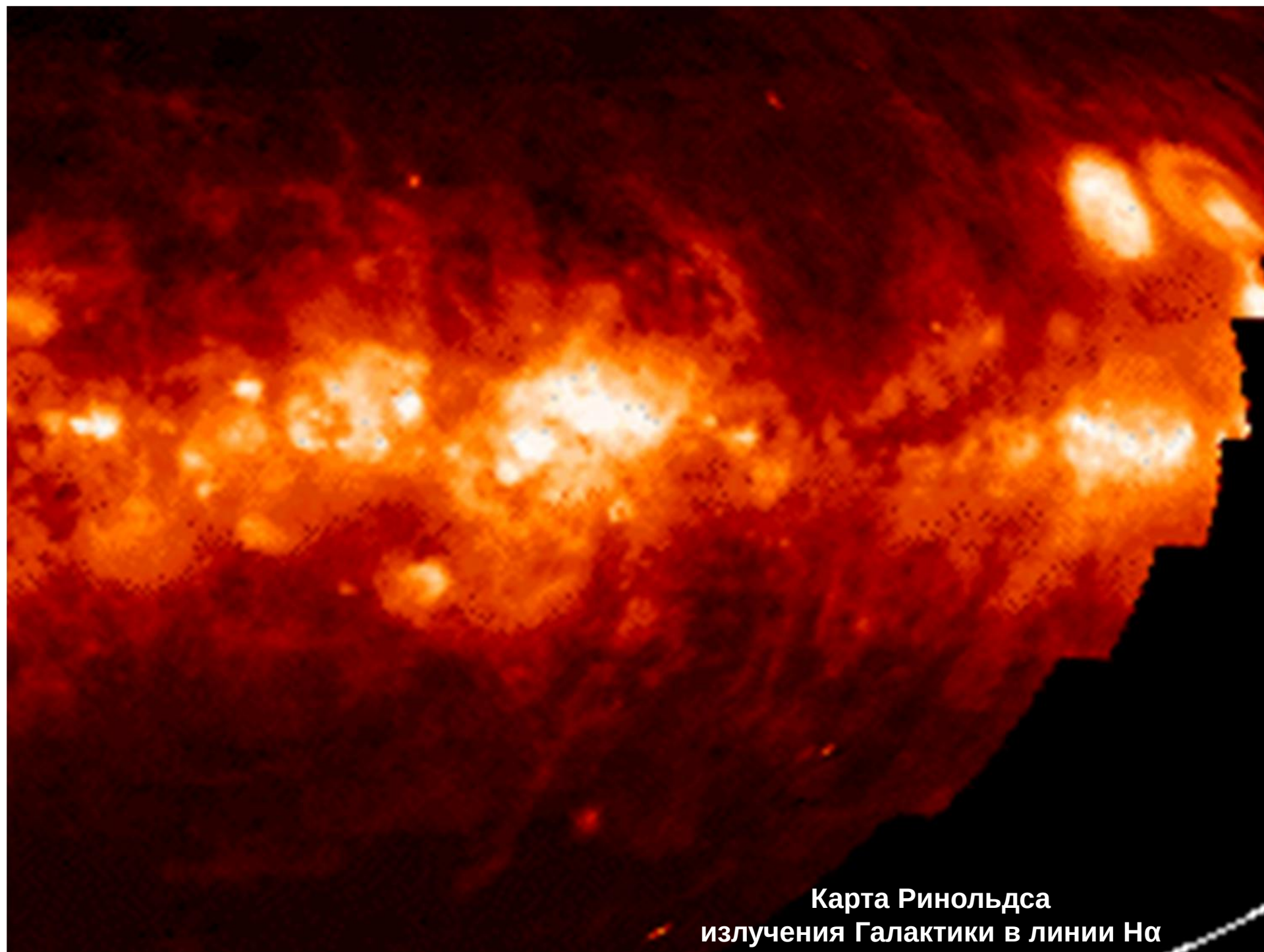


Рис. 1: Figure 1. Profiles of interstellar lines obtained from the 6-meter telescope Cyg X-1 optical spectra: relative intensity *vs* heliocentric radial velocity $V_{r, hel}$. Profiles are shown by different colors according to the imbedded panel. Black ticks labeled “atm” mark positions of the terrestrial atmosphere H₂ absorption lines on the D1 and D2 NaI line profiles. Red arrows indicate radial velocities of the main components of the interstellar line profiles.



- Карта распределения по небу излучения в линии 21см (светлые участки) и ориентации линейной МЗ поляризации (черточки) в области $\pm 60^\circ$ око-ло гал. экватора (0-180°).



Карта Ринольдса
излучения Галактики в линии $H\alpha$

Карта Ринольдса излучения Галактики в линии $\text{H}\alpha$

