



[GV2003] N: предшественник
маломассивной рентгеновской
двойной системы внутри молодого
остатка сверхновой RCW 86

В.В.Гварамадзе (ГАИШ
МГУ)

при сотрудничестве с

N.Langer, L.Fossati,

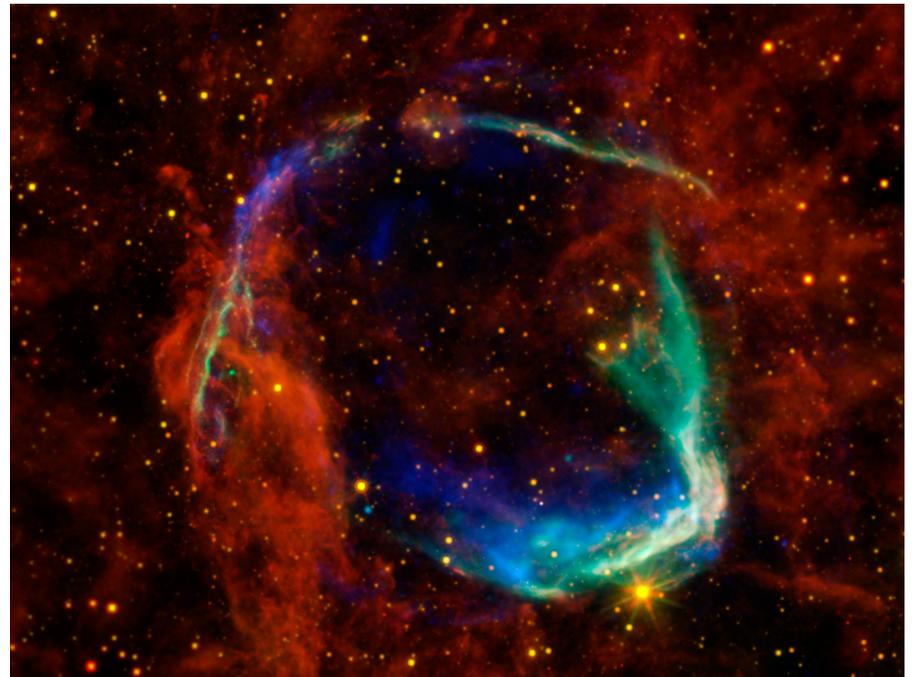
D.C.-J.Bock, N.Castro, I.Y.Georgiev, J.Greiner,
S.Johnston, F.Rau & T.M.Tauris

Остаток сверхновой RCW 86

возраст: ~ несколько
тысяч лет

расстояние: 2.3 ± 0.2 кпк

диаметр: $40'$ или ≈ 26 пк



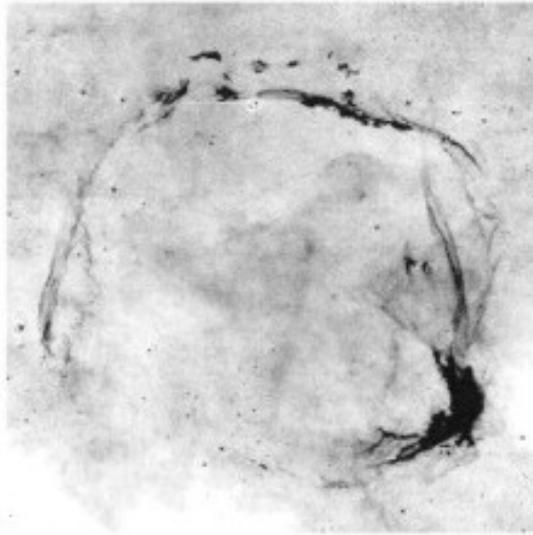
XMM-Newton/Chandra и
WISE/Spitzer

рентген (синий и зеленый цвета)
ИК-излучение (желтый и красный
цвета)

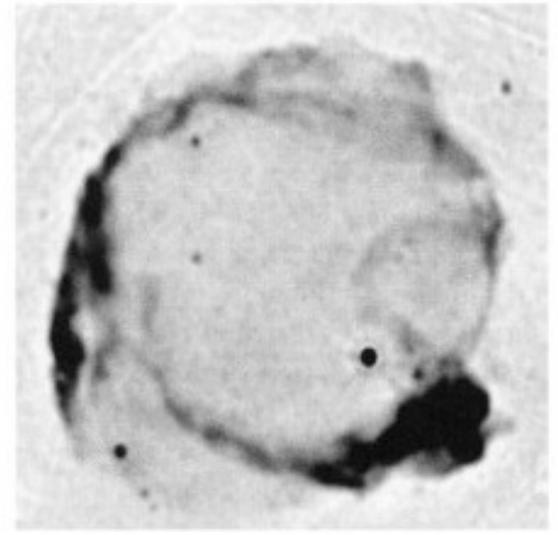
Остаток сверхновой RCW 86



рентген



H α



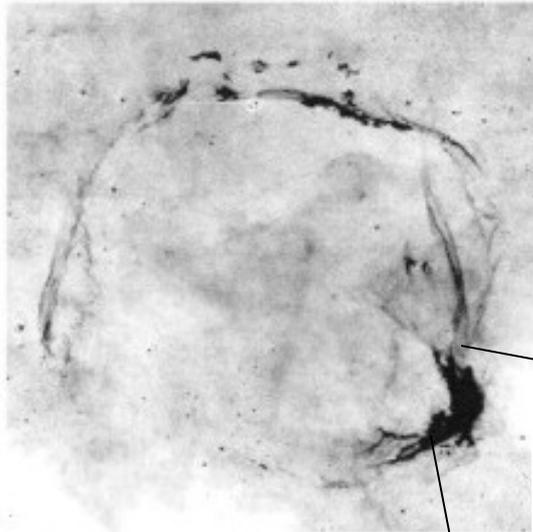
радио

(Smith 1997)

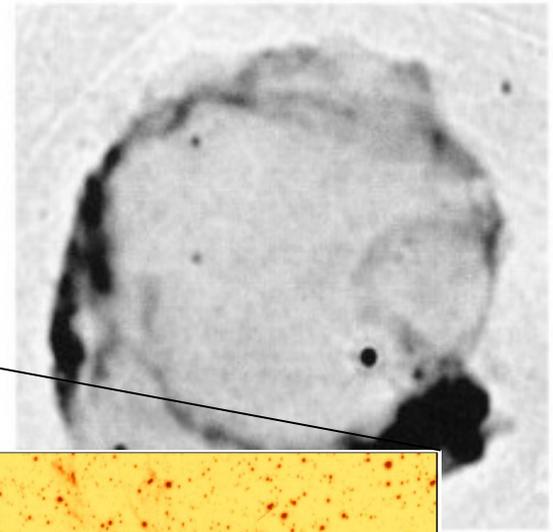
Остаток сверхновой RCW 86



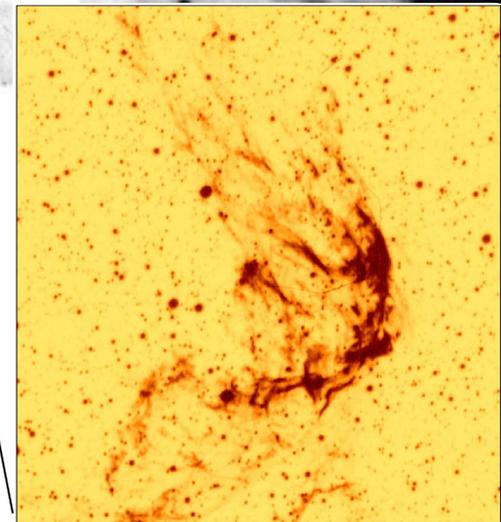
рентген



H α



радиус $\approx 2'$ или 1.1 пк



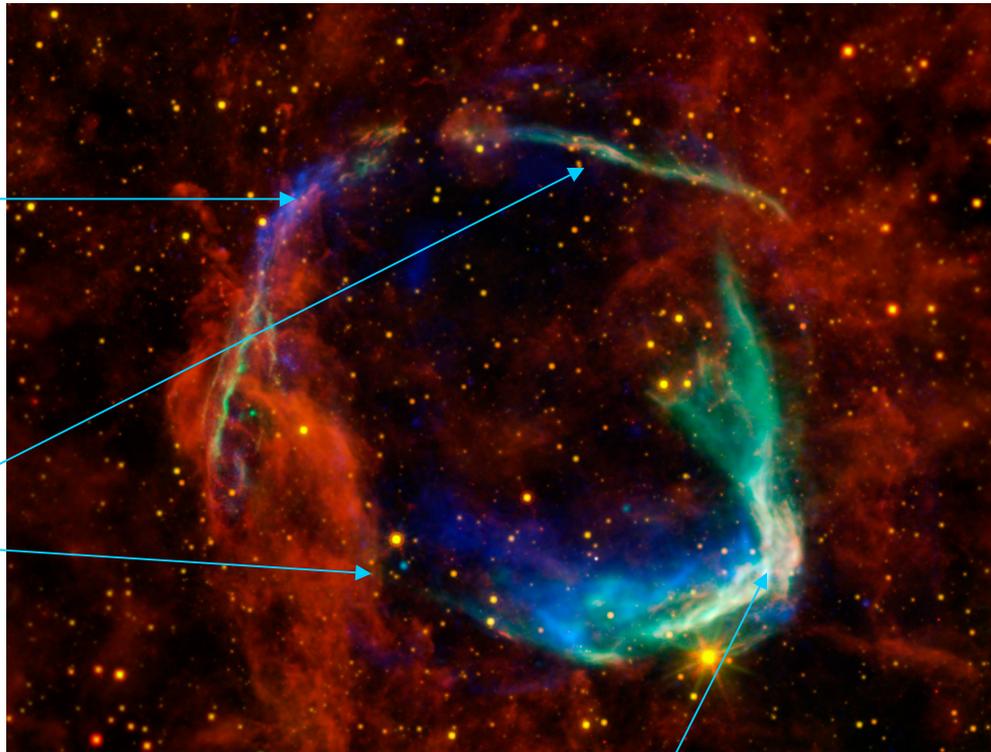
Остаток сверхновой RCW 86

3000 км/с

(Yamaguchi
et al. 2016)

500–600 км/с

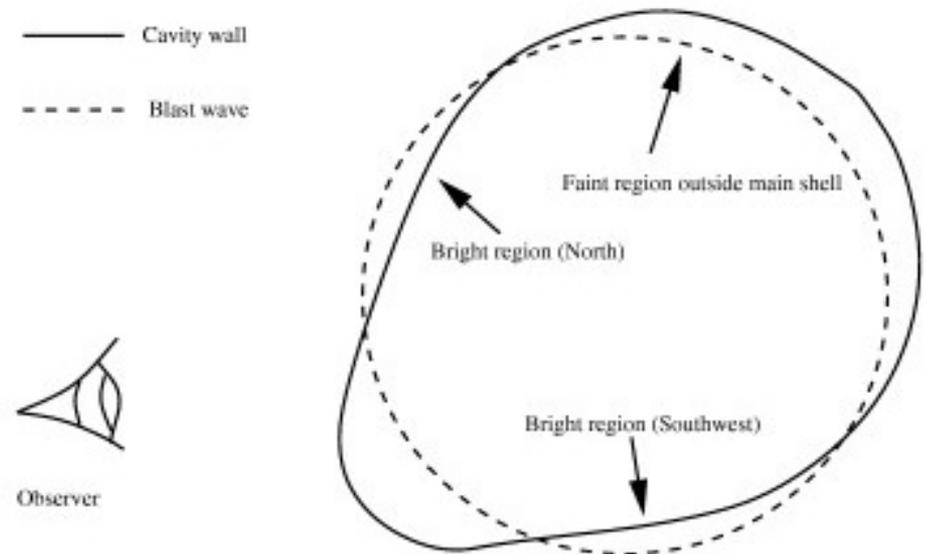
(Long & Blair
1990)



~100 км/с (Ruiz 1981)

RCW 86: взрыв сверхновой в «пузыре»

- ветер массивной звезды (предшественницы сверхновой) образовал «пузырь»
- в межзвездной среде имеется градиент плотности => форма пузыря отличается от сферической
- оптическая арка на юго-западе – результат взаимодействия ударной волны с плотным облаком
- звездный остаток (нейтронная звезда) должен быть недалеко от центра RCW 86



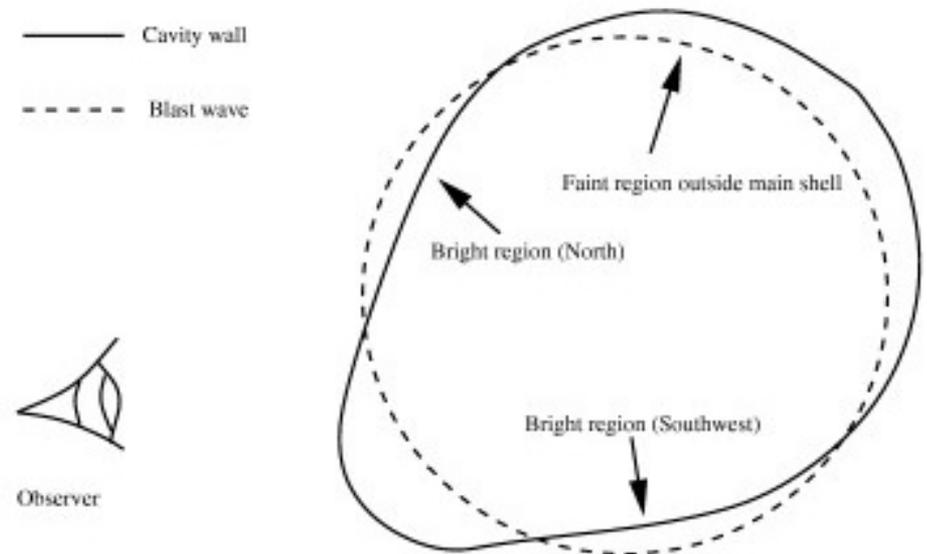
(Vink et al. 1997)

RCW 86: взрыв сверхновой в «пузыре»

- ветер массивной звезды (предшественницы сверхновой) образовал «пузырь»
- в межзвездной среде имеется градиент плотности => форма пузыря отличается от сферической

Но: взаимодействие ударной волны с плотным облаком должно привести к вмятине в оболочке, а не к выступу!

Поиски нейтронной звезды в центре RCW 86 не увенчались успехом => сверхновая типа Ia



(Vink et al. 1997)

Пузырь вокруг покоящейся звезды

R_1 , R_2 – ударные волны

R_c – контактный разрыв

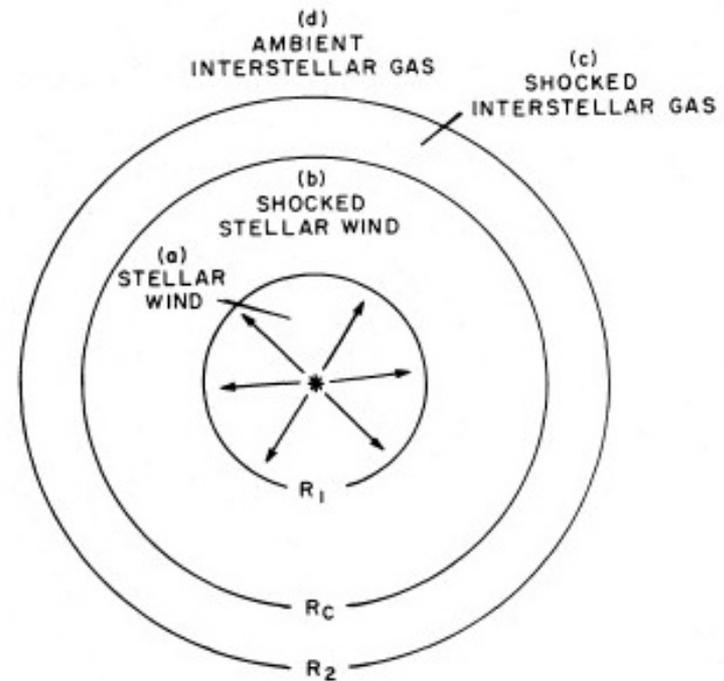


FIG. 1.—Schematic sketch indicating the regions and boundaries of the flow.

(Weaver et al. 1977)

Пузырь вокруг движущейся звезды

No. 2, 1977

INTERSTELLAR BUBBLES

391

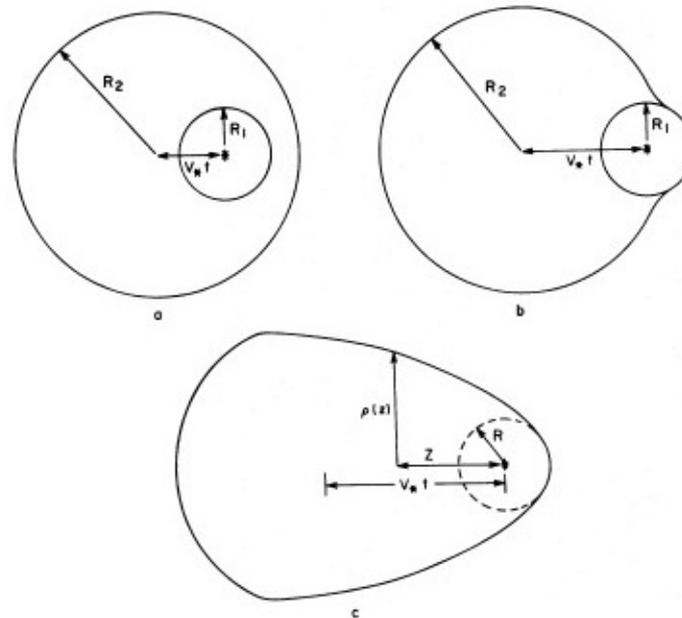
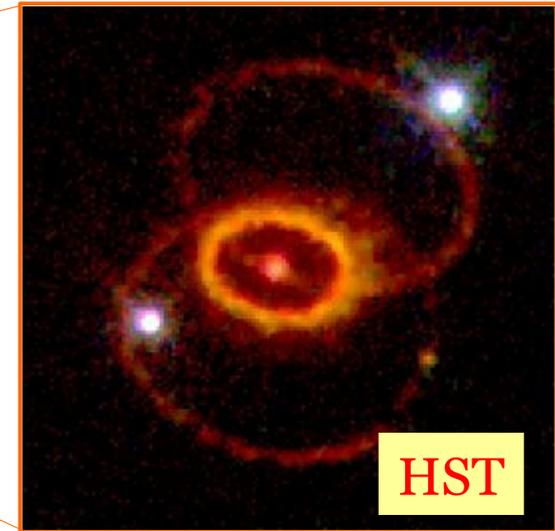
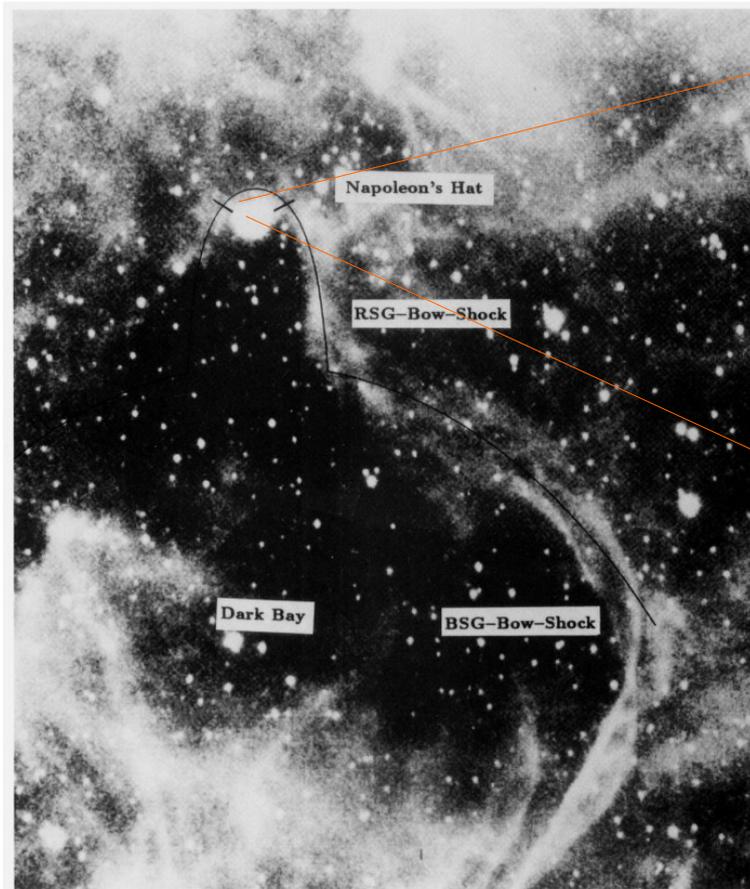


FIG. 7.—Schematic illustration of the effect of stellar motion on the structure of a bubble: (a) at early times when $V_* t < R_2 - R_1$; (b) at intermediate times for a star that has large velocity with respect to its ambient interstellar medium; (c) at extremely advanced times. Note that the scale of this figure changes—i.e., we have kept $R_2(t) \approx \text{constant}$.

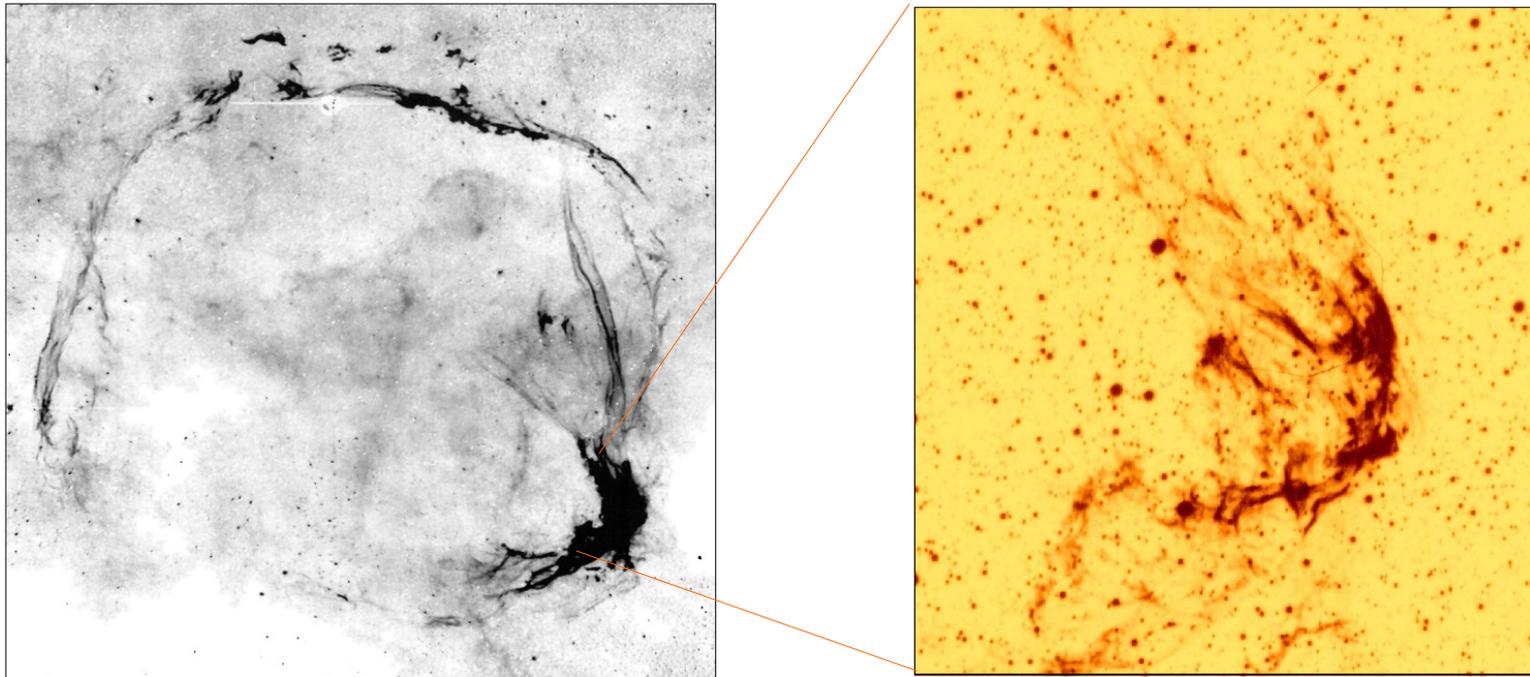
(Weaver et al. 1977)

Пузырь вокруг SN 1987A



(Wang, Dyson & Kahn 1993)

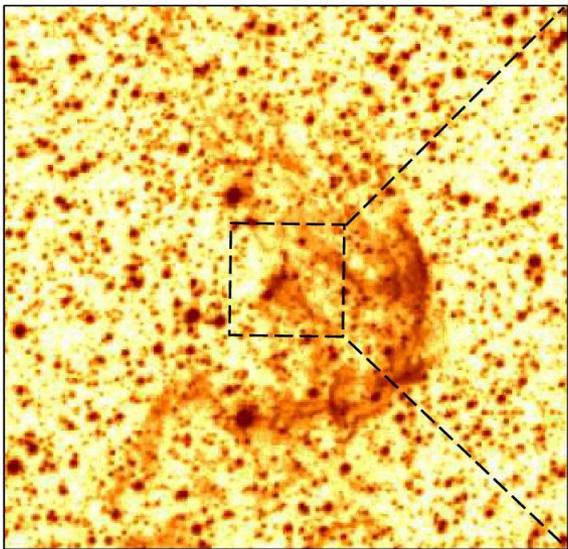
RCW 86 – результат взрыва сверхновой на краю пузыря?



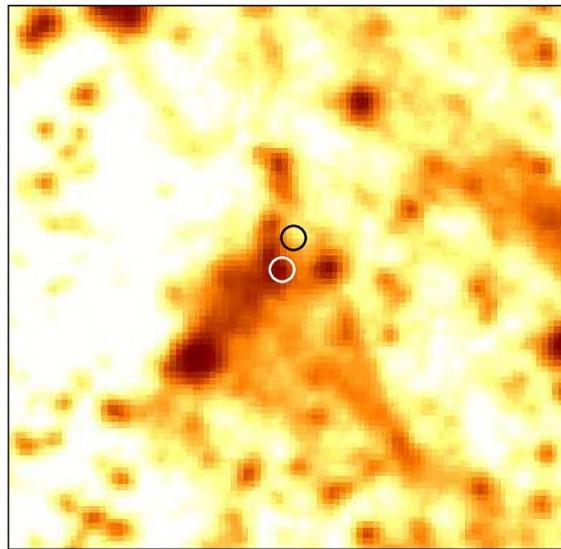
(Gvaramadze 2001)

RCW 86 – результат взрыва сверхновой на краю пузыря?

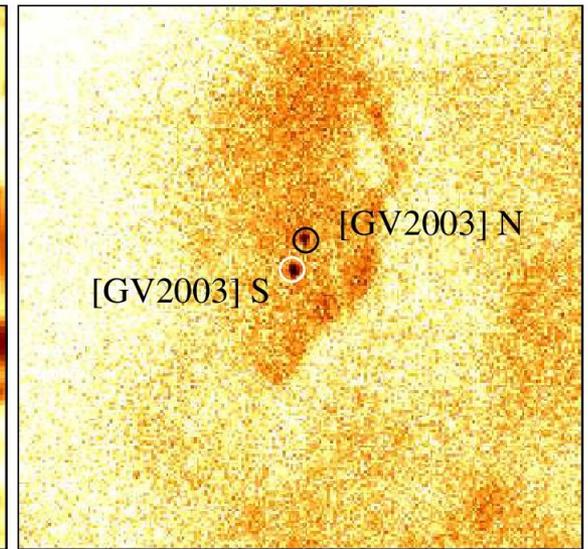
DSS-II red



DSS-II red



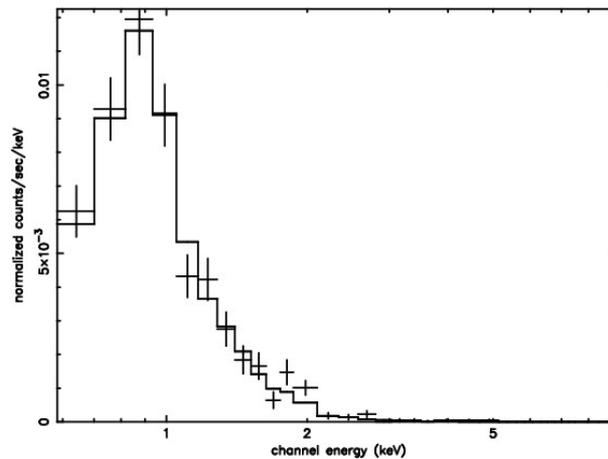
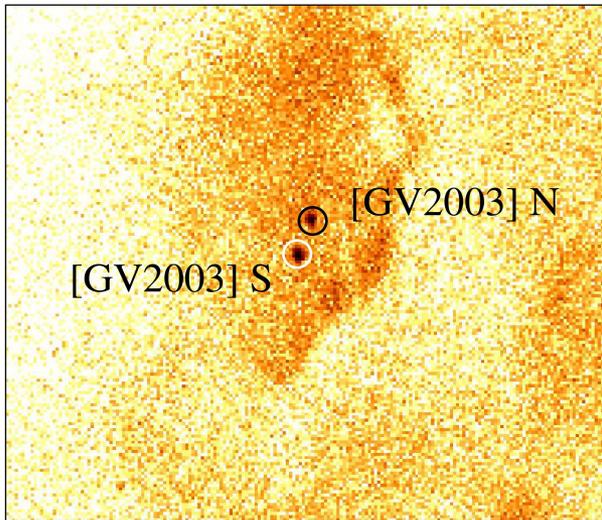
Chandra



[GV2003] S: $V=14.4$ зв. вел., [GV2003] N: $V=???$

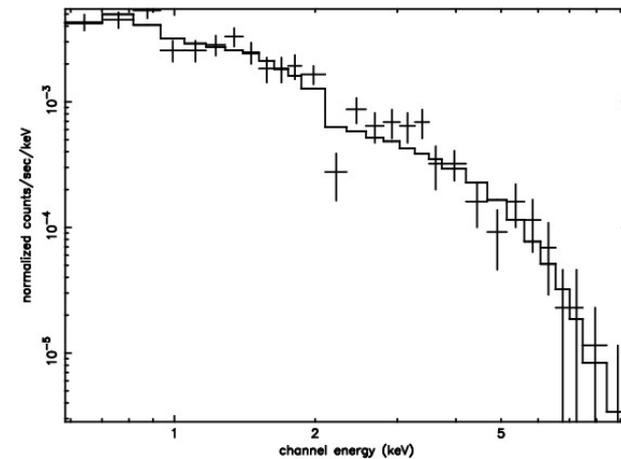
(Gvaramadze & Vikhlinin 2003)

RCW 86 – результат взрыва сверхновой на краю пузыря?



[GV2003] S

(активная звезда)



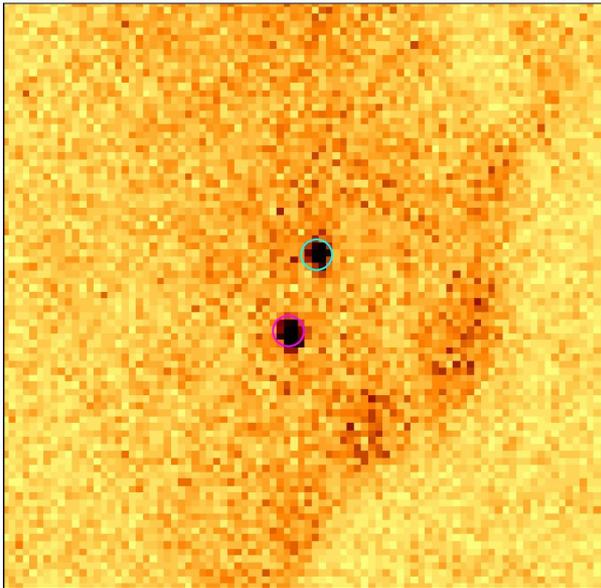
[GV2003] N

(нейтронная звезда?)

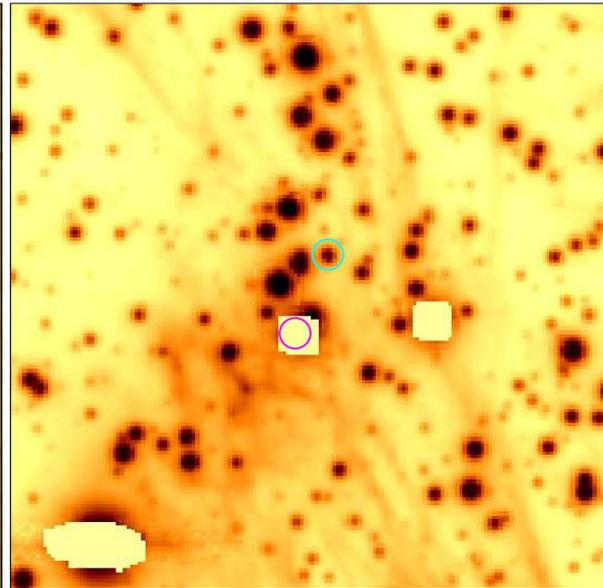
(Gvaramadze & Vikhlinin 2003)

[GV2003] N – нейтронная звезда?

Chandra



FORS2/VLT



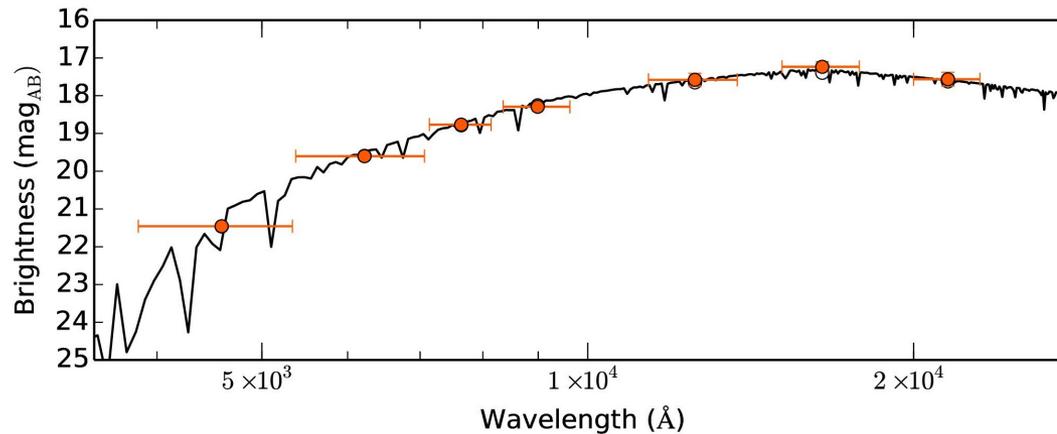
Если нейтронная звезда, то $F_x/F_{\text{opt}} > 100$
=> $V > 28$ зв. вел.

2010 год: FORS2/VLT => $V=20.7$ зв. вел.

(Gvaramadze et al. 2017)

[GV2003] N – нейтронная звезда?

Семиканальный фотометр GROND (g' , r' , i' , z' , J , H , K_s)



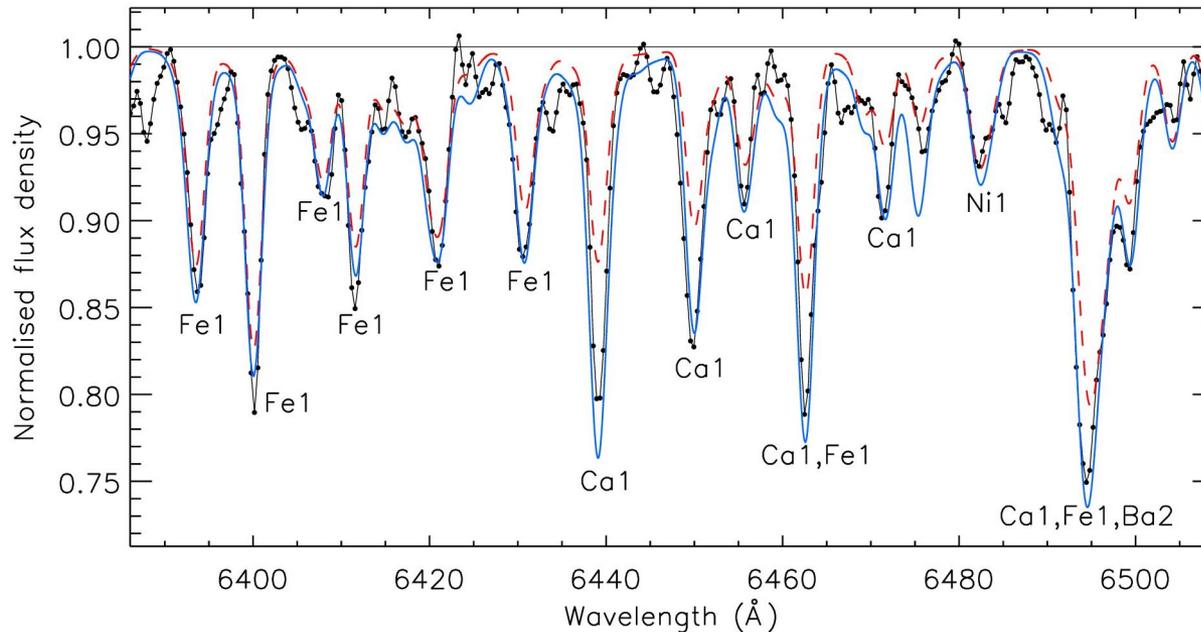
2013 год: GROND $\Rightarrow T_{\text{eff}} = 5200$ K, $E(B-V) = 0.9$ зв. вел.

- звезда солнечного типа (G-звезда)
- рентгеновская светимость [GV2003] N на порядок выше рентгеновской светимости звезд солнечного типа \Rightarrow рентгеновское и оптическое излучение приходят от разных объектов!

(Gvaramadze et al. 2017)

[GV2003] N – нейтронная звезда!

спектр G-звезды (FORS2/VLT)

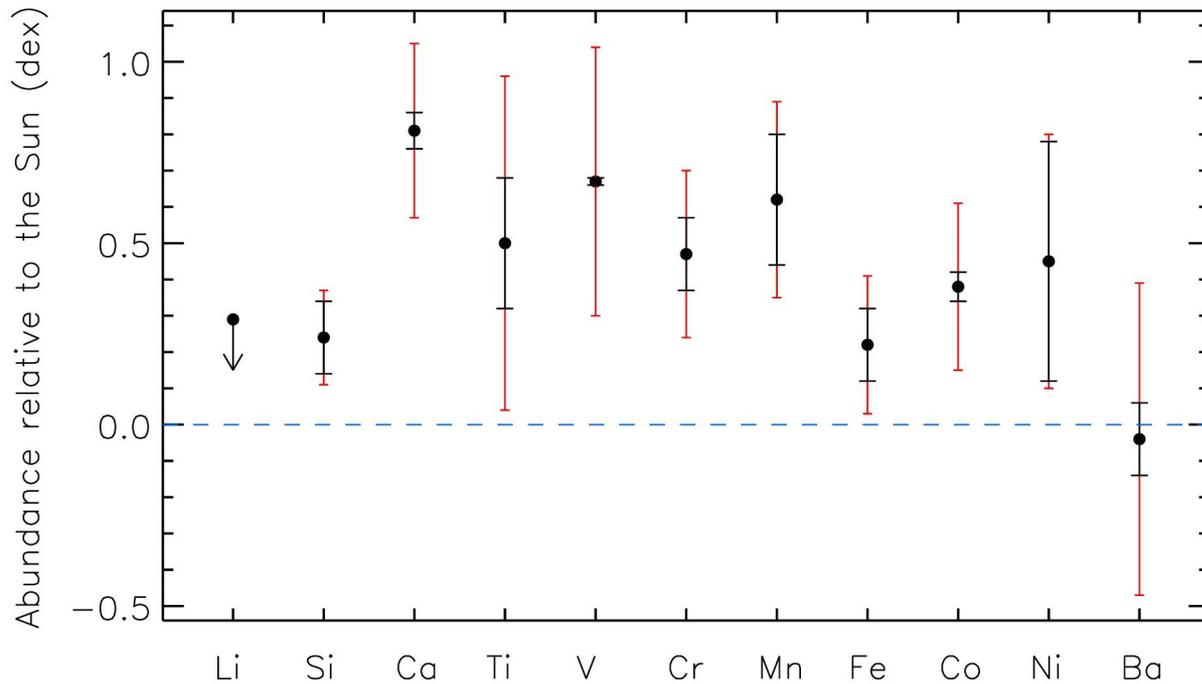


апрель-май 2015: четыре спектра

(Gvaramadze et al. 2017)

[GV2003] N – нейтронная звезда!

обилие металлов в атмосфере G-звезды



(Gvaramadze et al. 2017)

[GV2003] N – предшественник маломассивной рентгеновской системы

14.04.2015: $RV = -71 \pm 2$ км/с

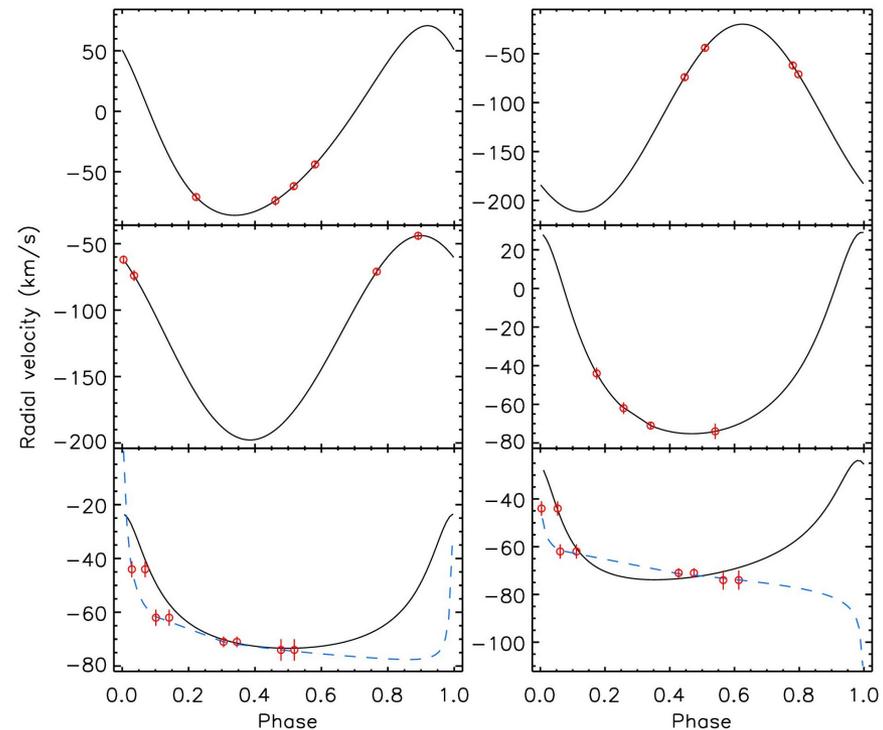
21.04.2015: $RV = -74 \pm 4$ км/с

13.05.2015: $RV = -44 \pm 3$ км/с

16.05.2015: $RV = -62 \pm 3$ км/с

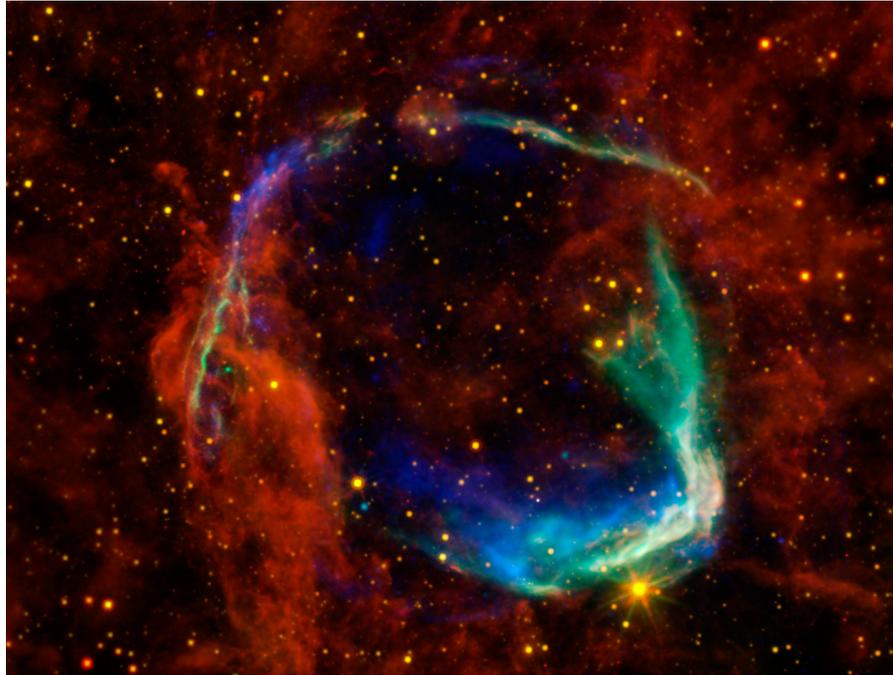
$P_{\text{орб}} < 40$ дней, $e > 0.7$

через $\sim 10^{10}$ лет [GV2003] N
превратится в маломассивную
рентгеновскую систему

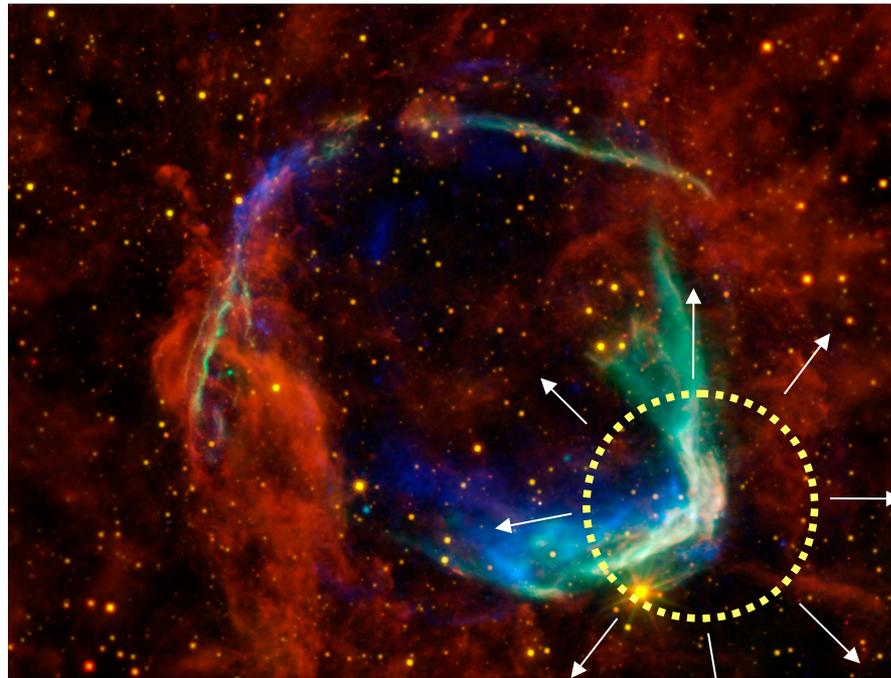


(Gvaramadze et al. 2017)

Что будет с RCW 86 через 10 000 лет?

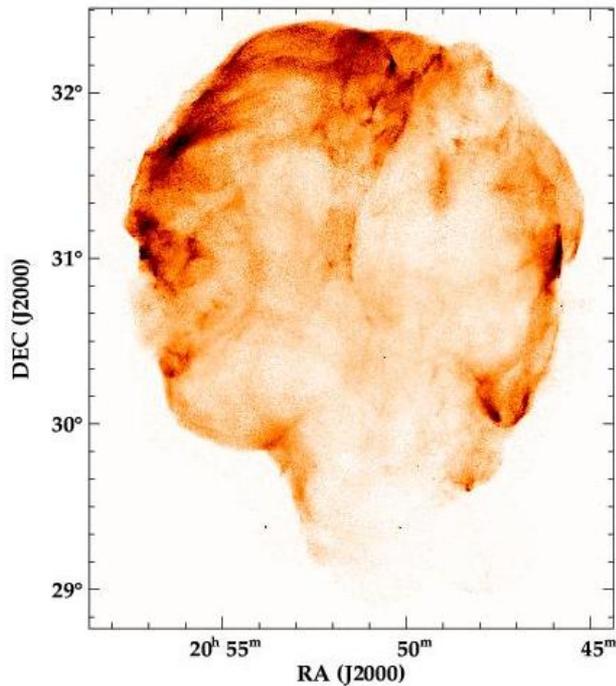


Что будет с RCW 86 через 10 000 лет?

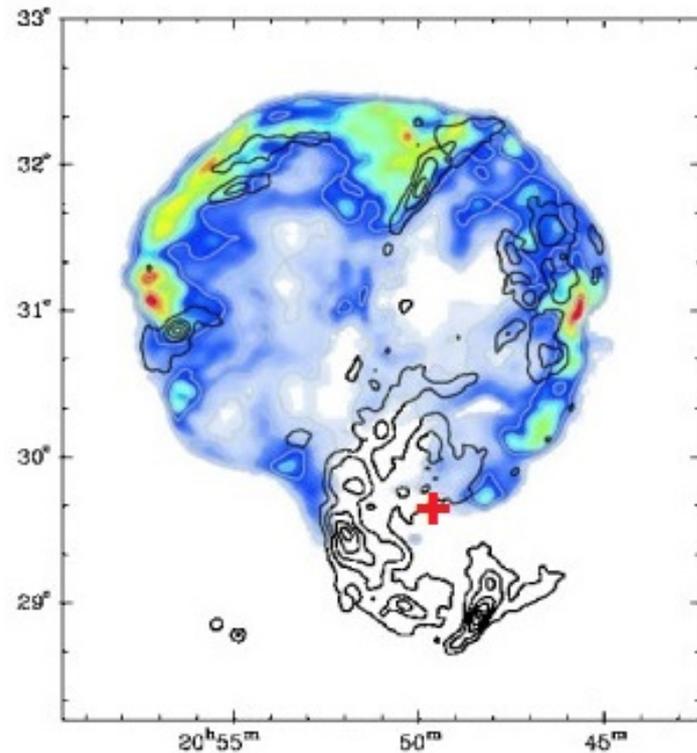


Остаток сверхновой с двумя оболочками!

Остаток сверхновой Петля Лебеда



(Levenson et al. 1997)



(Uyaniker et al. 2002)

Спасибо за внимание!