

Современная звездная астрономия - 2019



Синтез кислорода и железа в Галактическом диске

*Ткаченко Р.В. & Мишуров Ю.Н.
Южный Федеральный Университет*

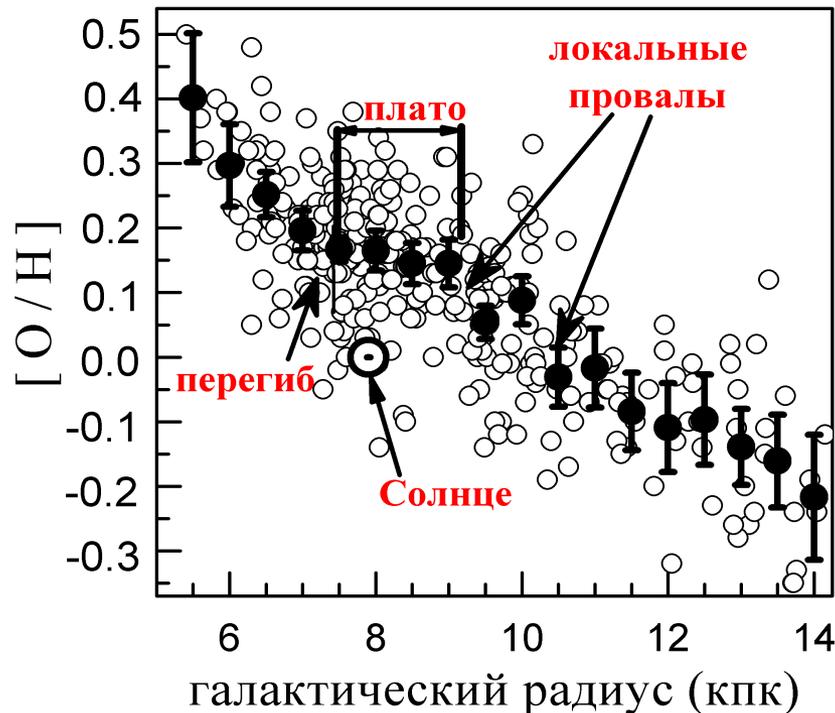
САО РАН
2019 г.

Наблюдаемое распределение кислорода и железа

8

0

Производится в основном CC SNe (2-го типа + Ib/c), предшественники которых массивные, короткоживущие звезды



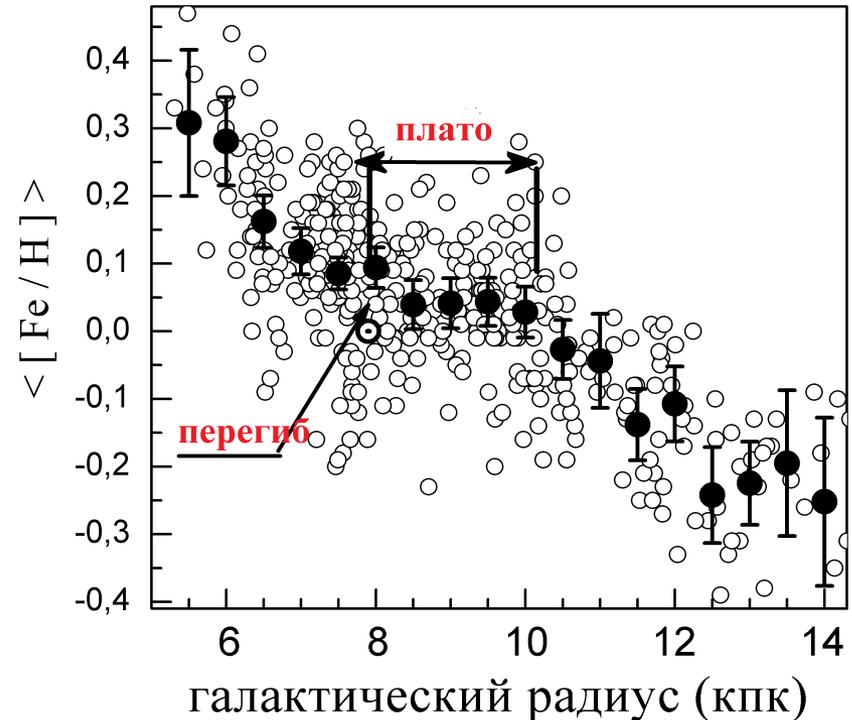
Mishurov & Tkachenko (2018)

Данные Luck & Lambert (2011); Luck et al.(2013); Korotin et al (2014); Martin et al (2015).

26

Fe

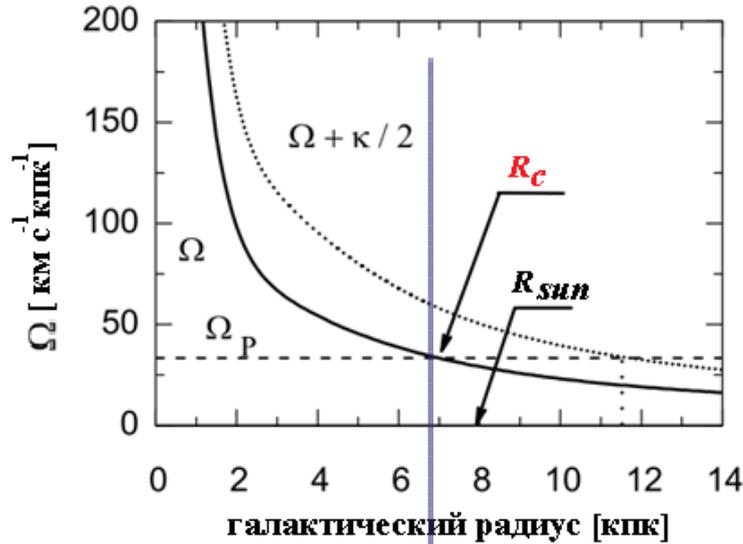
- 1) CC SNe
- 2) Сверхновые Ia
 - а) короткоживущие «Prompt»
 - б) долгоживущие «Tardy»



Mishurov & Tkachenko (2019)

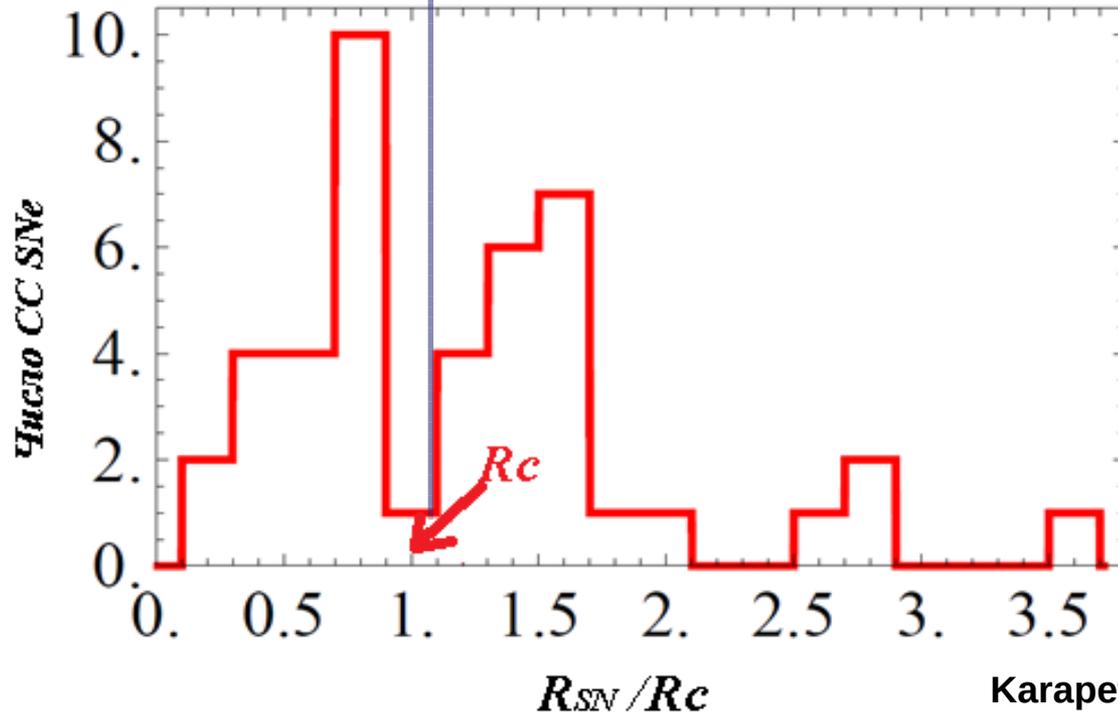
Данные Genovali et al (2014, 2015, 2016)

Природа наблюдаемой особенности (перегиба/плато)

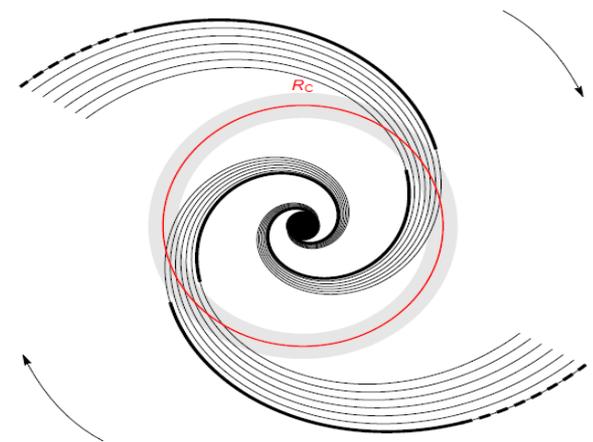


$$\psi \propto \begin{cases} \psi_L = v\mu_g^{1.5} & \text{для } m \leq m_b \\ \psi_H = \beta\mu_g^{1.5} |\Delta\Omega| \Theta(r) & \text{для } m > m_b \end{cases} \quad (1)$$

Acharova, Mishurov, Gibson (2013)



Karapetyan et al. (2018)



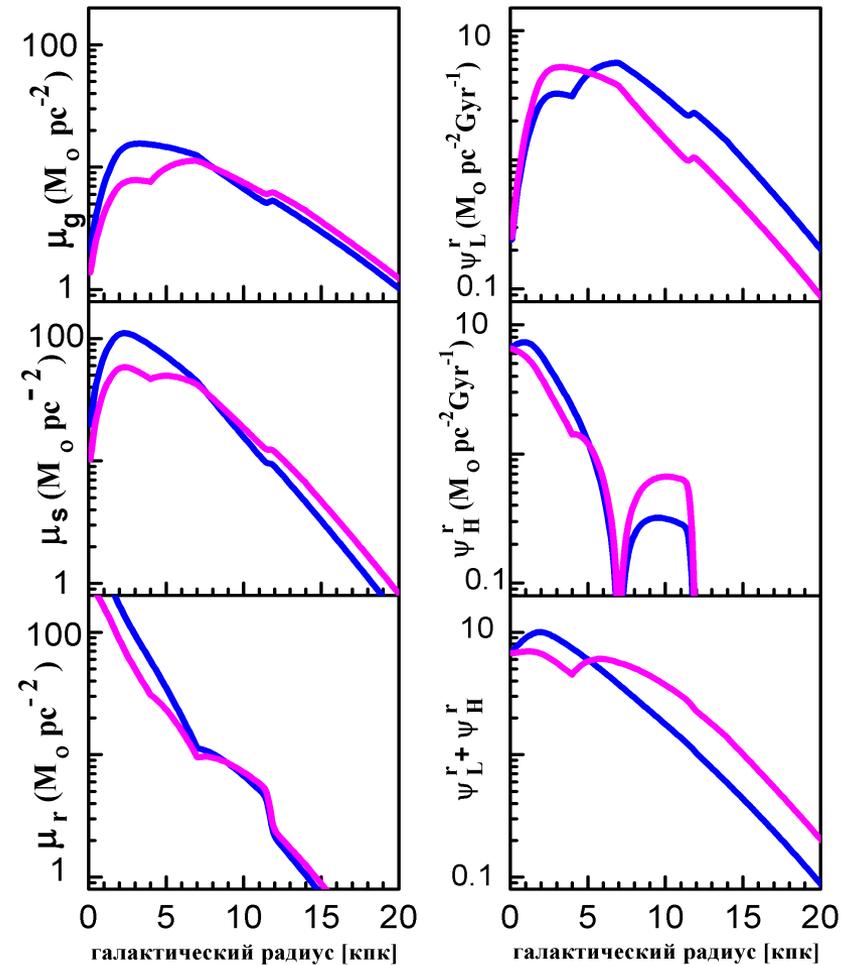
Эволюция диска

$$f = f_0 e^{-\frac{r}{r_d} - \frac{t}{t_f}} \quad (2)$$

$$\dot{\mu}_g(r, t) = f + \int_{m_l}^{m_b} (m - m_r) \psi_L(r, t - \tau_m) \xi(m) dm - \psi_H \left(\int_{m_b}^{m_U} m_r \xi(m) dm + \int_{m_U}^{100} m \xi(m) dm \right) - \psi_L \int_{0.01}^{m_b} m \xi(m) dm \quad (3)$$

$$\dot{\mu}_{EI}^i(r, t) = \int_{m_l}^{m_b} (m - m_r) Z_{EI}^i(t - \tau_m) \psi_L(t - \tau_m) \xi(m) dm + E_{EI}^i + f Z_{fEI}^i - Z_{EI}^i \left(\psi_L \int_{0.01}^{m_b} m \xi(m) dm + \psi_H \int_{m_U}^{100} m \xi(m) dm + \psi_H \int_{m_b}^{m_U} m_r \xi(m) dm \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \mu_g D \frac{\partial Z_{EI}^i}{\partial r}) \quad (4)$$

$$E_{EI}^i(r, t) = P_{EI}^i R^i(r, t) \quad (5)$$



Распределение поверхностной плотности газа, звезд, остатков и скоростей звездообразования

— Tf=2.25
— Tf=inside-out

Mishurov & Tkachenko (2018) 4

8

0

Синтез кислорода

P_O^{cc} – Один свободный параметр-средний выброс кислорода в расчете на одну вспышку

$$\Delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \{ (\langle [O/H] \rangle_k^{ob} - [O/H]_k^{th}) w_k \} \quad (6)$$

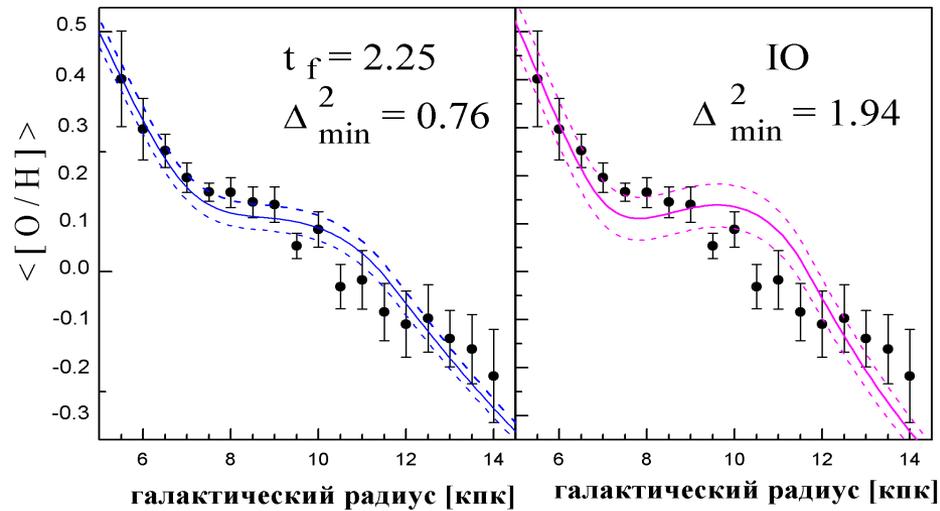
$$\Delta_{\pm}^2 = |\Delta_{min}^2 [1 + \frac{2}{n-2} F(2, n-2, 0.95)]|, \quad (7)$$

$$P_O^{cc} = 0.82 \pm 0.07 \text{ Msun}$$

$$P_O^{cc} = \frac{\int_{10}^{m_U} M_O(m) \xi(m) dm}{\int_{10}^{m_U} \xi(m) dm} \quad (8)$$

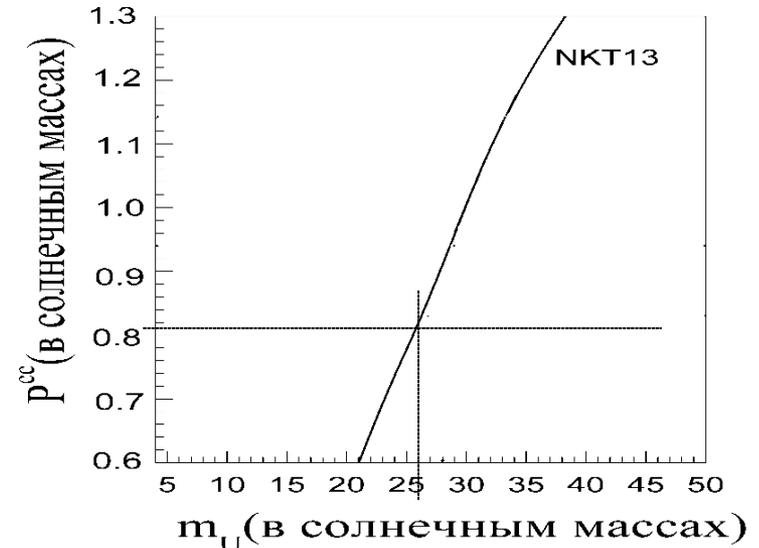
m_U для CC SNe = 26 Msun

Эти результаты подтверждаются наблюдениями: Heger et al. (2003), Kochanek et al. (2008), Smartt et al. (2009), Adams et al. (2017).



Теоретическое и наблюдаемое радиальное распределение кислорода

(Mishurov & Tkachenko 2018)



Зависимость среднего выброса кислорода от предельной массы предшественника

Nomoto et al (2013)

5



Синтез железа

3 свободных параметра

$$P_{Ia}^{Prompt} \quad P_{Ia}^{Tardy} \quad P_{Fe}^{CC}$$

2 из которых имеют одинаковое радиальное распределение источников

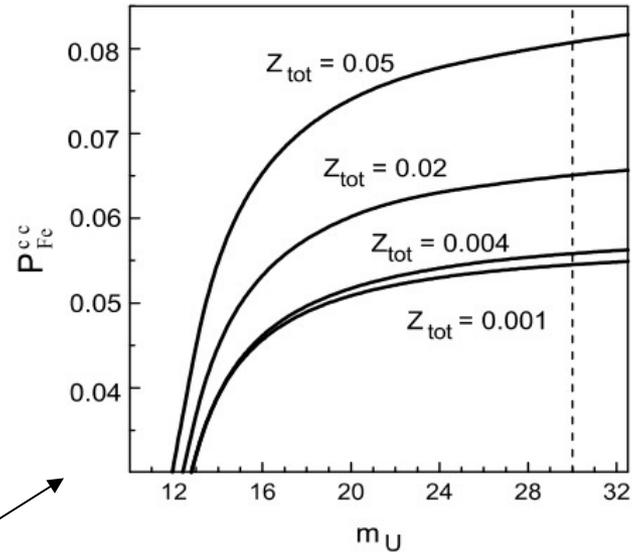
$$P_{Fe}^{CC} = 0.0675^{+0.0125}_{-0.0125} M_{\odot}$$

$$P_{Ia}^{Prompt} \approx 0.20^{+0.14}_{-0.17} M_{\odot}$$

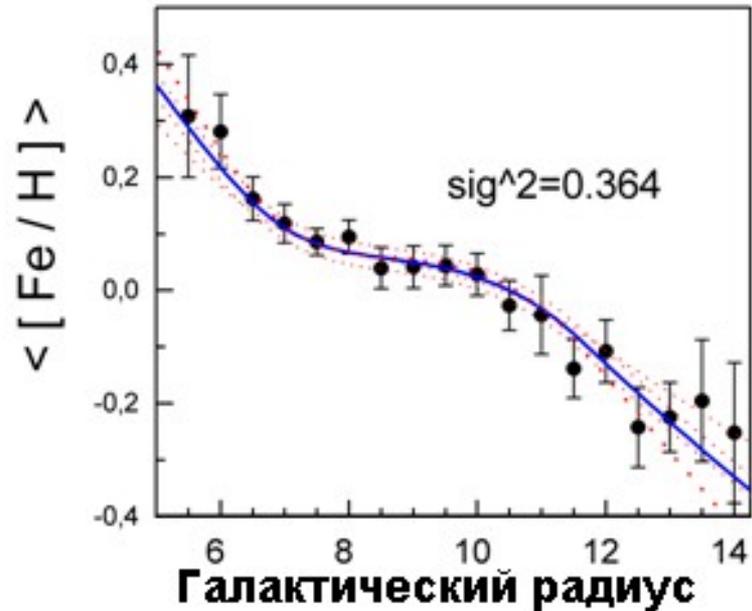
$$P_{Ia}^{Tardy} \approx 0.31^{+0.29}_{-0.21} M_{\odot}$$

Процентный вклад от источников в эволюцию железа:

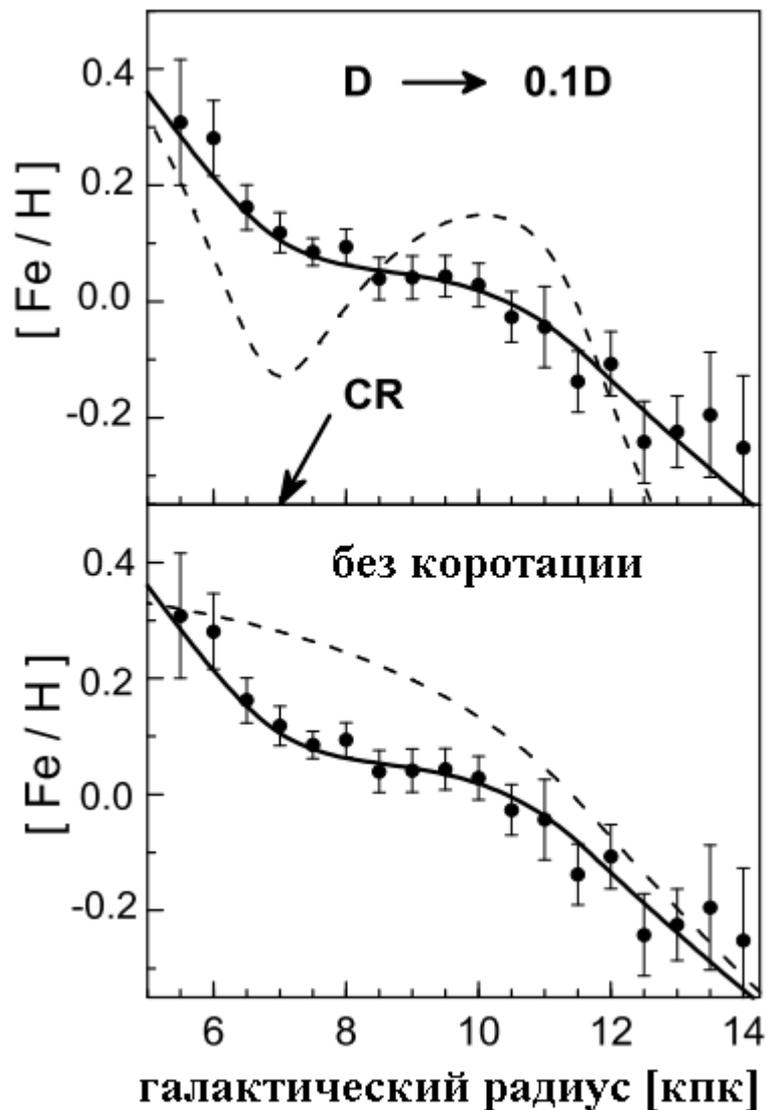
- 1) CC SNe = 40%
- 2) Ia Prompt = 40%
- 3) Ia Tardy = 20%



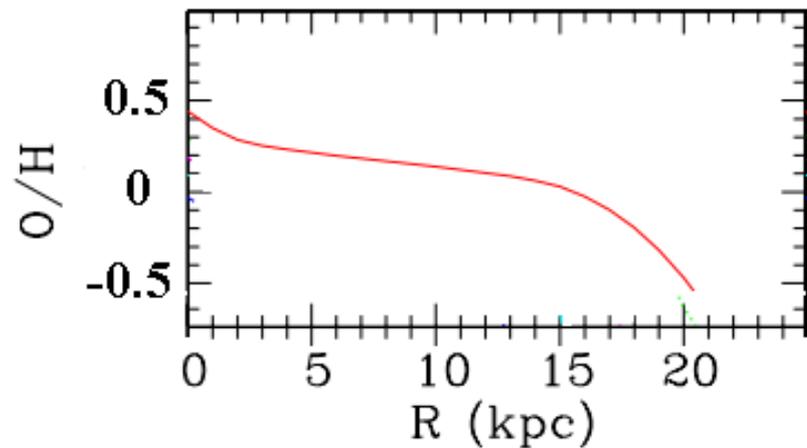
Зависимость среднего выхода железа от предельной массы предшественника



Теоретическое и радиальное распределение железа (Mishurov & Tkachenko 2019)



(Mishurov & Tkachenko 2019)



Пример теоретического линейного описания распределения кислорода

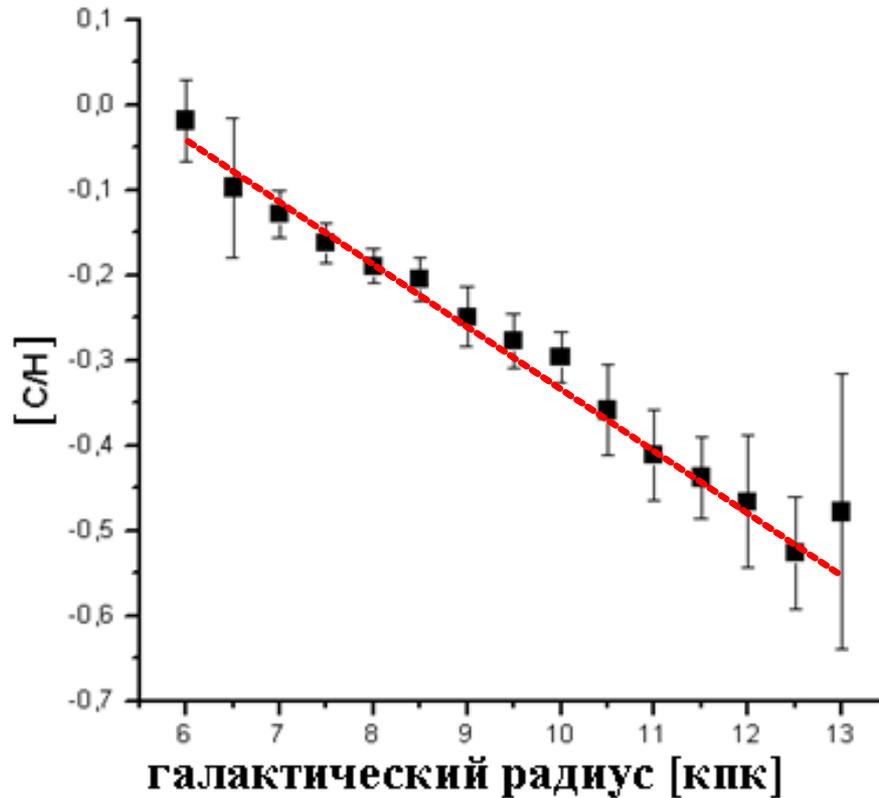
Molla et al (2016)

Линейный градиент. Углерод



1) На 20 % CC SNe

2) На 80 % маломассивными долгоживущими AGB звездами ($\sim 1-4 M_{\text{sun}}$)



Luck (2018)

Спасибо за внимание

*Работа выполнена при поддержке фонда развития
теоретической физики и математики «Базис»*