

# Влияние распада ОВ-ассоциаций на эволюцию карликовых галактик

Евгений Курбатов

Институт астрономии РАН

Химическая и динамическая эволюция галактик  
ЮФУ, Ростов-на-Дону 2009

Обмен веществом между галактикой и МГС может влиять на химический состав МЗС, МГС и звёзд и даже на морфологию галактики.

Возможные механизмы обмена веществом:

- ▶ галактический ветер, вызываемый вспышками сверхновых
- ▶ лобовое давление межгалактического газа
- ▶ приливное действие со стороны близких галактик
- ▶ выпаривание газа из галактики горячей МГС
- ▶ выдувание пыли давлением излучения звёзд
- ▶ аккреция из МГС
- ▶ пути обретения звёздами больших скоростей:
  - ▶ рассеяние звёзд
  - ▶ распад тесных двойных
  - ▶ **распад ОВ-ассоциаций**

# Механизмы обмена газом

## Галактический ветер

Эффективность ветра сильно зависит от распределения газа, а именно от того, непрерывное оно или стратифицированное (2008ApJ...674..157C) и от вида непрерывного распределения (1989ApJ...337..141M). Галактики с массами  $1.4 \times 10^9 M_{\odot}$  могут выбрасывать до 60% газа (1990ApJ...356L..15D).

Доля выбрасываемого газа в зависимости от массы галактики (1997A&A...317..397S):

$$f_{\text{esc}} = 2.4 - 0.2 \lg \frac{M_G}{M_{\odot}} \quad (1)$$

Наблюдения до сих пор не обнаружили галактического ветра от галактик с массой  $\sim 10^9 M_{\odot}$  (2009A&A...493..511V).

# Механизмы обмена газом

## Приливное действие

Каждая галактика в скоплении испытывает столкновение или близкое прохождение по крайней мере один раз за свою жизнь (2006ARep...50...439T). Две галактики могут сливаться, терять один или оба своих газовых компонента или полностью разрушаться; из продуктов распада галактик может возникать новая галактика.

## Лобовое давление, испарение газа и выдувание пыли

Менее эффективно в качестве механизма потери массы.

# Выброс звёзд за счёт распада ОВ-ассоциаций

Все звёзды образуются в ассоциациях (но см. 1996ApJ...466..802E). ОВ-ассоциации имеют короткое время жизни от момента своего рождения до распада, порядка нескольких миллионов лет и при их распаде звёзды приобретают скорости от 2 до 8 км/с (1997MNRAS.285..479B).

Величина вириальной скорости в маломассивных галактиках может быть порядка нескольких км/с (2004AJ....127.2031K), а скорость убегания не превышать 20 км/с (2009ApJ...693.1859B, 2004ApJ...601..666D). Если галактика имеет дисковую морфологию, то упорядоченное движение вещества галактики может способствовать выбросу звёзд из неё.

Цель данной работы состоит в том, чтобы оценить этот эффект и его наблюдательные проявления в карликовых галактиках.

# Механизм выброса звёзд

Условие для скорости звёзды:

$$\frac{(\mathbf{v} + \mathbf{u})^2}{2} \geq -\Phi \quad (2)$$

Вероятность выброса:

$$\chi(\mathbf{v}, -\Phi) = \int_{\frac{(\mathbf{v}+\mathbf{u})^2}{2} \geq -\Phi} \frac{d^3u}{(2\pi\sigma_{\text{OB}}^2)^{3/2}} \exp\left[-\frac{u^2}{2\sigma_{\text{OB}}^2}\right] \quad (3)$$

Т.о.

$$\chi = \chi(\eta, \psi) \quad (4)$$

где

$$\eta = \frac{v}{\sigma_{\text{OB}}} = \sqrt{\frac{r}{\sigma_{\text{OB}}^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r}} \quad \psi = -\frac{2\Phi}{\sigma_{\text{OB}}^2} \quad (5)$$

# Механизм выброса звёзд

$$\bar{\chi} = \frac{\int_V dV \Psi_V \chi}{\int_V dV \Psi_V} \quad (6)$$

## Сфера Пламмера

$$\psi = \frac{2\beta^2}{(1 + r^2/a^2)^{1/2}} \quad \beta = \sqrt{\frac{GM}{\sigma_{\text{OB}}^2 a}} \quad (7)$$

Модель ЗО Фирмани и Тутукова (1992A&A...264...37F):

$$\Psi_V \propto \rho^2 \quad (8)$$

# Механизм выброса звёзд

$$\bar{\chi} = \frac{\int_S dS \Psi_S \chi}{\int_S dS \Psi_S} \quad (9)$$

## Экспоненциальный диск

$$\eta = \beta \sqrt{\frac{1 - (1 + r/a) e^{-r/a}}{r/a}} \quad \psi = 2\beta^2 \frac{1 - e^{-r/a}}{r/a} \quad (10)$$

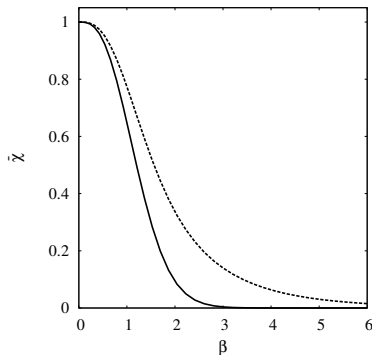
Модель 30 Кенниката (1998ApJ...498..541K):

$$\Psi_S \propto \Sigma^{3/2} \quad (11)$$



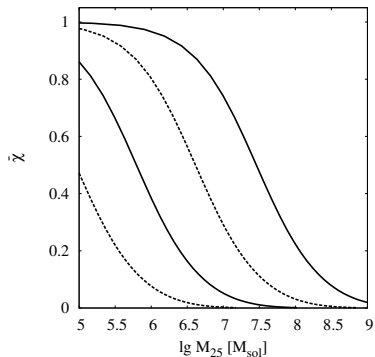
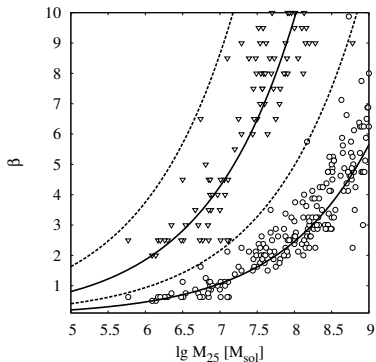
# Механизм выброса звёзд

Средняя вероятность выброса для пламмеровской сферы (сплошная линия) и экспоненциального диска (пунктирная линия) как функция безразмерной вириальной скорости.



# Механизм выброса звёзд

Безразмерная вириальная скорость в галактиках для двух предельных значений  $\sigma_{\text{ОВ}}$ : 2 км/с (треугольники) и 8 км/с (кружки).



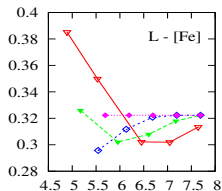
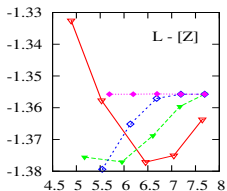
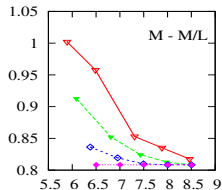
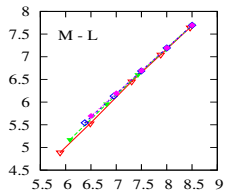
## Серии моделей

Основа — однозонная модель эволюции галактик Тутукова и Фирмани (1992A&A...264...37F, 1997A&A...317..397S, 1998AZh...75.....3W).

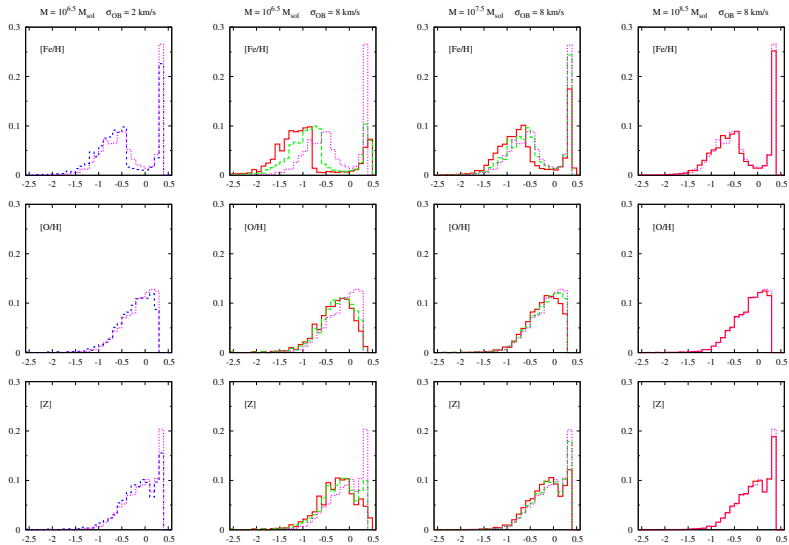
Четыре серии расчётов для галактик в диапазоне масс от  $10^{6.5} M_{\odot}$  до  $10^{8.5} M_{\odot}$ :

- ▶ замкнутые модели с одинаковым отношением  $M/L$  и  $[Z]$
- ▶ модели с выбросом звёзд для  $\sigma_{OB} = 2$  км/с
- ▶ ...  $\sigma_{OB} = 8$  км/с
- ▶ ...  $\sigma_{OB} = 8$  км/с + тёмное гало

		$\sigma_{OB} = 2$ км/с		$\sigma_{OB} = 8$ км/с		$\sigma_{OB} = 8$ км/с +Dark halo	
$\lg M/M_{\odot}$	$R$ , пк	$\beta$	$\bar{\chi}$	$\beta$	$\bar{\chi}$	$\beta$	$\bar{\chi}$
6.5	79.5	2.73	0.21	0.70	0.92	1.38	0.6
7	141.4	4.14	0.09	1.07	0.743	2.08	0.32
7.5	251.5	6.26	0.012	1.62	0.481	3.16	0.13
8	447	9.48	0	2.45	0.21	4.78	0.035
8.5	795	14.25	0	3.72	0.075	7.23	0



- ▶ фиолетовые символы — замкнутая модель
- ▶ синие —  $\sigma_{\text{OB}} = 2 \text{ км/с}$
- ▶ зелёные —  $\sigma_{\text{OB}} = 8 \text{ км/с} + \text{тёмное гало}$
- ▶ красные —  $\sigma_{\text{OB}} = 8 \text{ км/с}$



## Выводы

- ▶ Звёзды с временем жизни, превышающим  $10^7$  лет, могут покинуть галактики малых масс, внося вклад в химическое обогащение МГС продуктами взрывов SNIa и SNII (менее значимо)
- ▶ Относительные характеристики галактики изменяются мало: для галактики массой  $3 \times 10^6 M_{\odot}$  содержание металлов и кислорода варьируется на 0.05 dex, содержание железа варьируется на 0.1 dex
- ▶ Дисковые галактики малых масс могут становиться сфероидальными ( $M_G = 3 \times 10^7 M_{\odot} \Rightarrow \bar{\chi} = 0.5$ )
- ▶ Самые маломассивные галактики могут терять все звёзды, оставляя тёмное гало с газом, обогащённым SNII