

**Актуальные проблемы внегалактической астрономии**

**XXV конференция**

**Пушино, 22-24 апреля 2008**

**Эволюция внутренней  
структуры гало тёмной  
материи.**

**С.Пилипенко, А.Г. Дорошкевич,  
Ш. Готтлобер**

# Образование и эволюция галактик

- должна управляться тёмной материей, т.к. её больше
- гало — гравитационно связанные образования из тёмной материи
- существуют вокруг галактик (возможны гало без галактик?). простираются гораздо дальше, чем видимая материя.

# Характерные массы гало

- Карликовые галактики:  $10^8$  —  $10^9 M_{\odot}$
- Галактики типа Млечный путь:  $10^{10}$  —  $10^{12} M_{\odot}$
- Скопления:  $10^{13} M_{\odot}$  —  $10^{15} M_{\odot}$
- Плотность числа объектов:
  - число галактик 0.01 ( $z \sim 0$ , SDSS, 2dF) — 0.001 ( $z \sim 1$ , DEEP2, VIRMOS)  $1/\text{Мпк}^3$
  - число гало 0.05 при  $M \sim 10^{11}$ , 0.2 при  $M \sim 10^{10}$

Где остальные гало?

# Распределение массы в галактиках

- По результатам исследования кривых вращения для карликовых галактик в местном объеме, а также для спиральных галактик с массой диска до  $10^{11}$ , плотность ТМ в центре примерно постоянна:

$$\rho(r) = \frac{\rho_c}{(1+x)(1+x^2)}, \quad x = \frac{r}{r_c}$$

- Светящаяся материя расположена только в самом центре гало (0.1-0.2 вириального радиуса)

# Проблемы в теории

- Гало слишком много
- Структура гало не соответствует наблюдениям (проблема каспа):

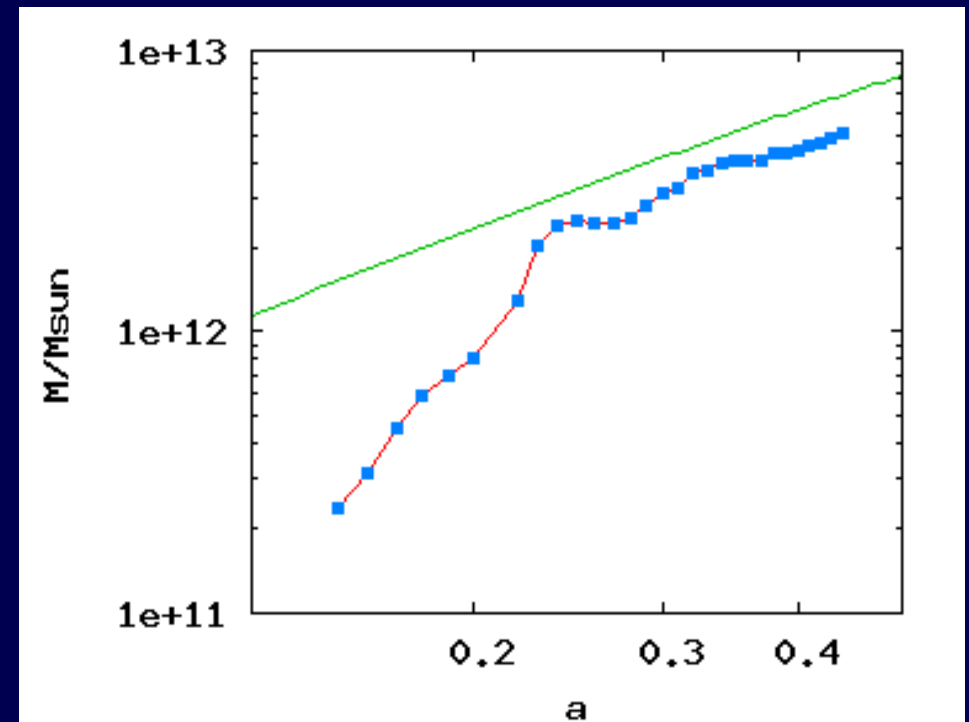
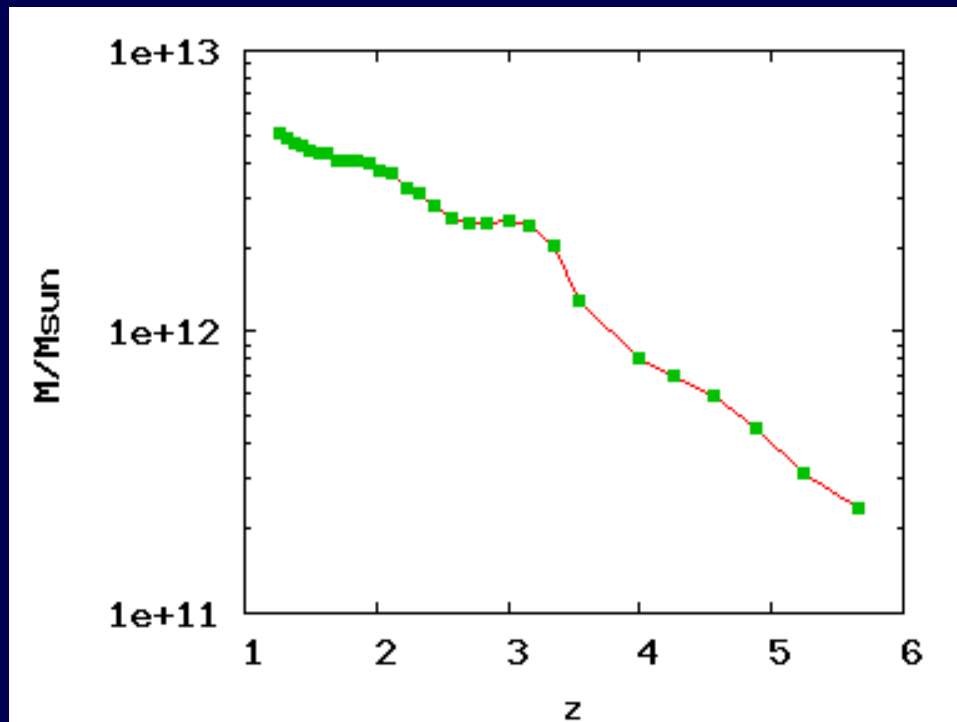
$$\rho_{NFW}(r) = \frac{\rho_c}{x(1+x)^2}, \quad x = \frac{r}{r_c}$$

- ведёт себя как  $r^{-1}$  при малых  $r$ .
- Однако, для скоплений галактик наблюдается профиль NFW.

# Исследование гало

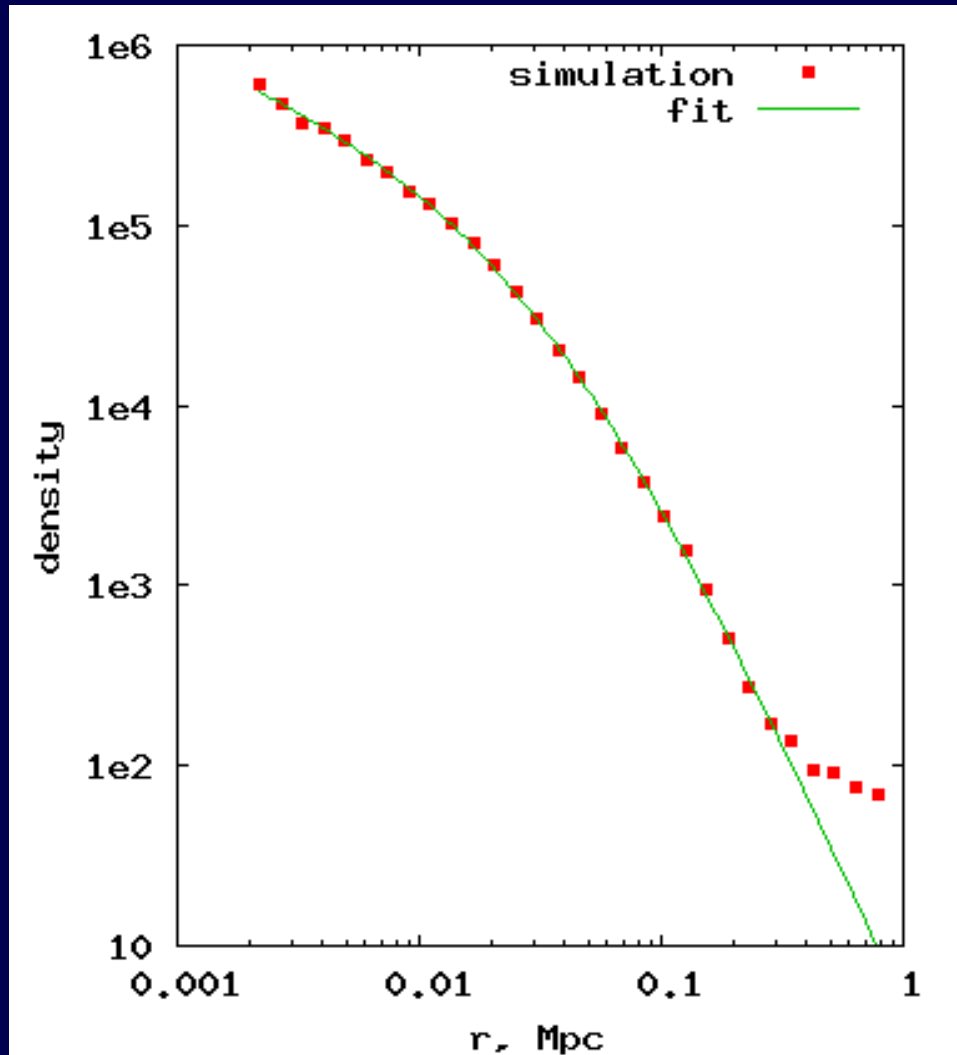
- Мы анализируем статистически значимую выборку гало ( $\sim 100$ ) массой  $10^{12} — 10^{13}$ , прослеживая историю каждого гало и исследуем их внутреннюю структуру
- Нас интересует:
  - универсальность профиля NFW
  - возможные отклонения от него и их эволюция

# Эволюция массы и слияние гало (main merging)



- рост массы в среднем как  $\exp(-\alpha z)$
- быстрая и медленная стадии (по сравнению с хаббловским временем)

# Внутренняя структура: профиль плотности



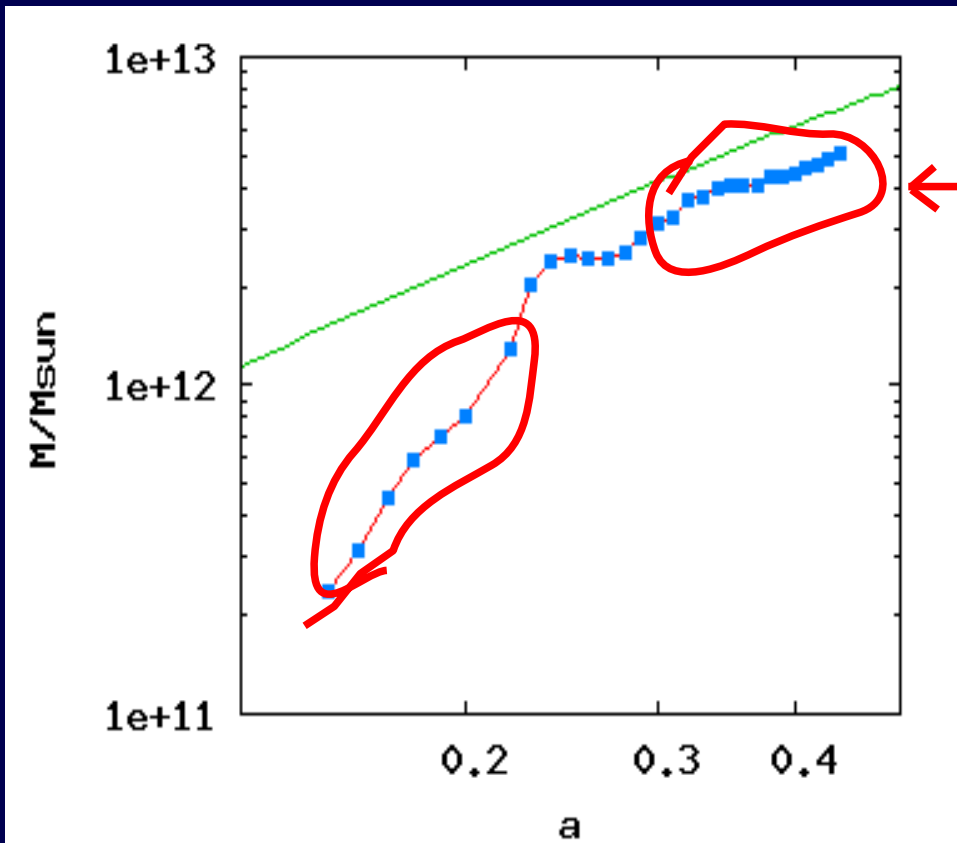
- Модифицированный фит типа NFW:

$$\rho(r) = \frac{\rho_s}{x^\alpha (1+x)^{(3-\alpha)}}, \quad x = \frac{r}{r_s}$$

- при  $x \ll 1$   $\rho \sim x^{-\alpha}$
- при  $x \gg 1$   $\rho \sim x^{-3}$
- $r_c = (2-\alpha) r_s$  — радиус центральной части



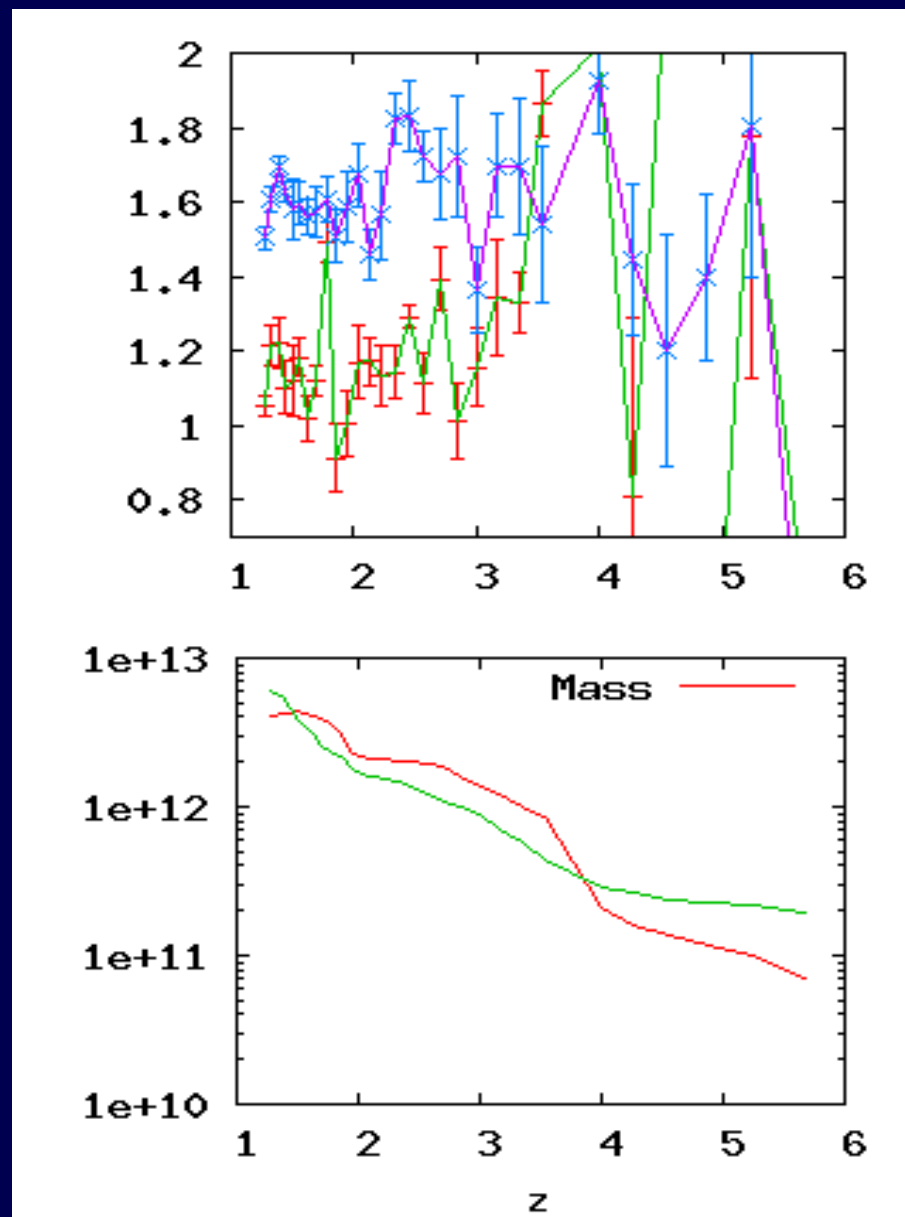
# Эволюция структуры



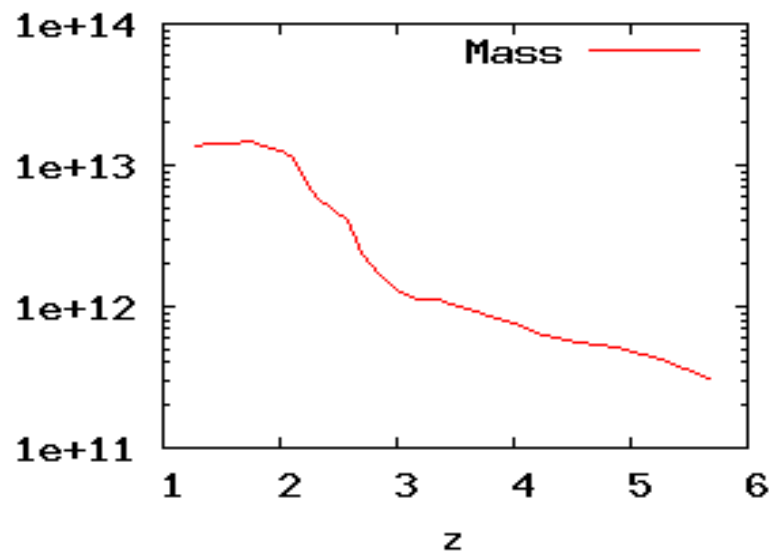
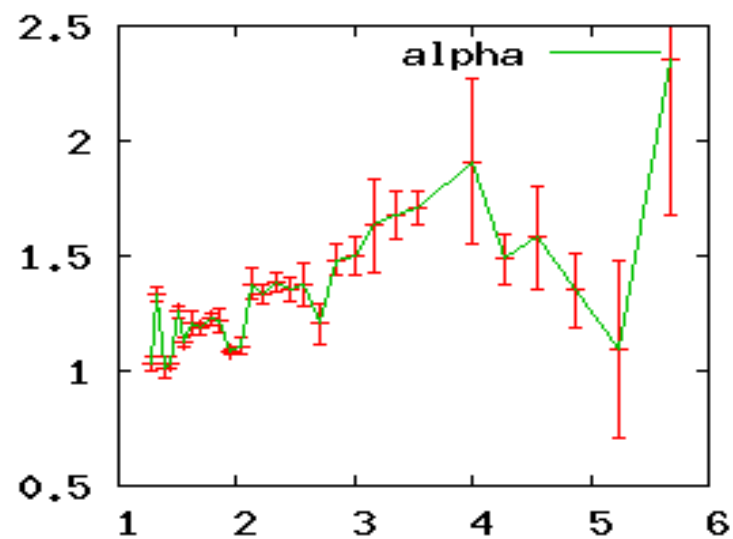
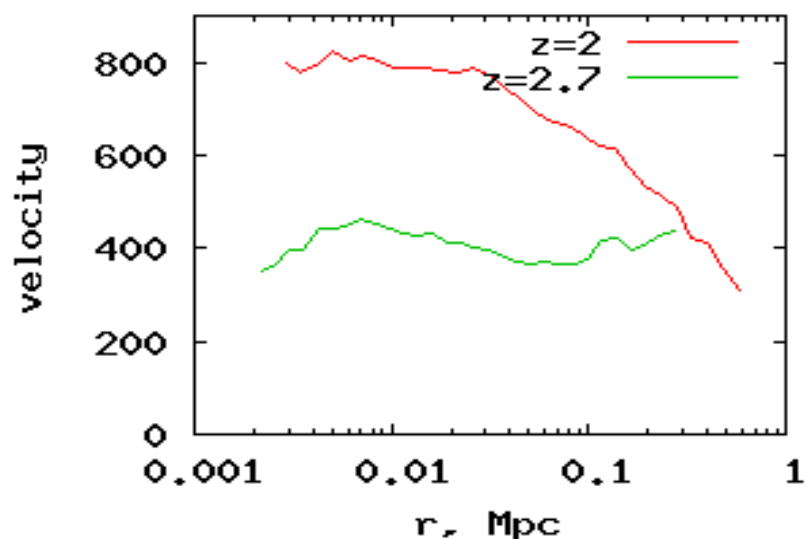
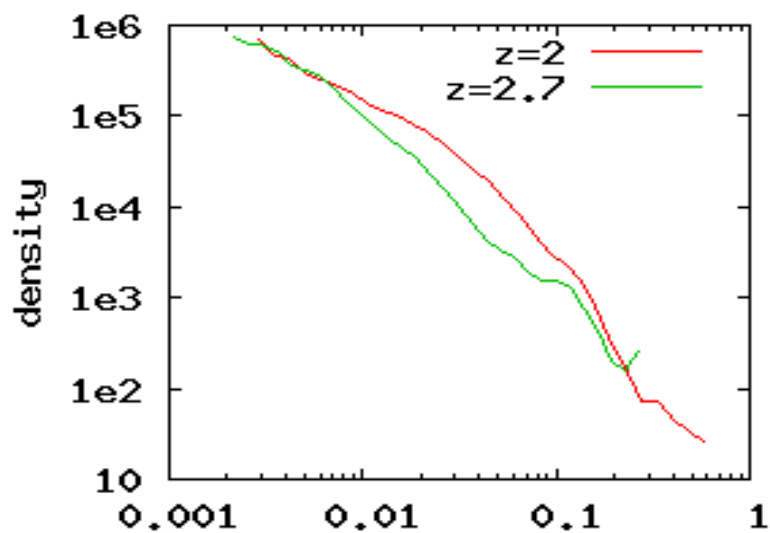
- на «спокойной» стадии (медленный рост и вне событий слияния) параметры центральной части гало ( $\alpha$ ,  $r_c$ ) меняются мало

# Эволюция структуры

- Профиль гало одной массы не универсальный: возможны различные значения  $\alpha$ , которые устойчивы при спокойной эволюции.
- Мы не обнаружили гало с  $\alpha < 1$  на протяжении длительного времени



# Изменение гало при слиянии



# Выводы

- В эволюции отдельных гало массой  $10^{12}$  не наблюдается универсального профиля плотности
- Индекс степени в центральной части может длительное время сохраняться, при этом значительно отличаясь от среднего для данной массы
- В ходе слияний гало возможно изменение индекса (как уменьшение, так и увеличение)