

Московский государственный университет  
Имени М.В.Ломоносова  
Физический факультет  
Кафедра физики частиц и космологии

# Поглощение гамма-квантов высоких энергий внегалактическим фоновым излучением

Презентация к дипломной работе  
студента 4 курса, 443 группы  
Корочкина Александра Алексеевича  
Научный руководитель,  
кандидат физ.-мат.наук  
Г.И.Рубцов

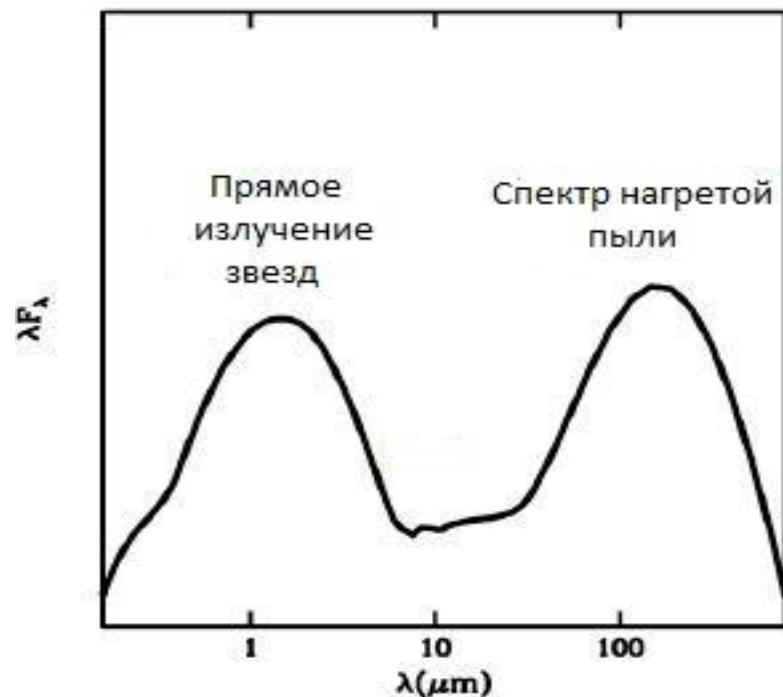
# Цели работы

- Моделирование внегалактического фонового излучения (ВФИ)
- Изучение пространства параметров полученной модели
- Моделирование рассеяния фотонов высоких энергий на ВФИ

Внегалактическое фоновое излучение -  
суммарное излучение всех звезд в ультрафиолетовом,  
видимом и инфракрасном диапазонах.

Экспериментальное измерение ВФИ является  
трудной задачей:

- Излучение Галактики
- Зодиакальный свет



# Описание модели

- Стандартная космологическая  $\Lambda$ CDM модель
- Однородное и изотропное распределение галактик
- Начало звездообразования при  $z = 8$ .

Суммарный спектр  $F(\lambda) = \int_0^{z_{\max}} L_\lambda(z) n(z) r^2(z) dr(z) d\Omega$

$n(z)$  – плотность числа галактик

$L_\lambda(z)$  – спектр галактики с красным смещением  $z$

## Вычисление спектра галактики с красным смещением $z$

$$L_\lambda(z) = L_\lambda^{ms}(z) + L_\lambda^{rg}(z) + L_\lambda^{dust}(z)$$

$L_\lambda^{ms}(z)$  – спектр звезд главной последовательности

$L_\lambda^{rg}(z)$  – спектр красных гигантов

$L_\lambda^{dust}(z)$  – спектр пыли

## Спектр звезд главной последовательности

$$L_{\lambda}^{ms}(z) = \int_z^{z_{max}} dz' \left| \frac{dt'}{dz'} \right| \psi(t(z')) V(z') S_{\lambda}(z, z'),$$

$$S_{\lambda}(z, z') = \frac{\int_{m_{min}}^{m_{max}(z, z')} \left( \frac{R_{star}(m)}{r(z)} \right)^2 B(\lambda, T(m), z) I(m) dm}{\int_{m_{min}}^{m_{max}} m I(m) dm}$$

$B(\lambda, T, z)$  - спектр звезды с температурой  $T$  и красным смещением  $z$ .

$I(m)$  - начальная массовая функция

$\psi(z)$  - скорость звездообразования

Максимальная масса  $m_{max}(z, z')$  определяется из условия равенства времени жизни звезды промежутку времени между  $z$  и  $z'$ .

$$t(z) - t(z') = \frac{t_{sol}}{m_{max}^\alpha}$$

$t_{sol}$  – продолжительность жизни Солнца  
 $\alpha$  – константа, определяющая время жизни,  $\alpha=3$

## Спектр красных гигантов

- Вычисляется аналогично спектру звезд главной последовательности
- Время жизни на главной последовательности меньше разности времен  $t(z)$  и  $t(z')$   $\Rightarrow m_{\min}$
- Полное время жизни больше разности времен  $t(z)$  и  $t(z')$   $\Rightarrow m_{\max}$
- Пределы интегрирования изменяются только в верхнем интеграле

## Излучение пыли

- Оболочка из пыли радиусом  $\sim 100$  а.е.
- Пылинки в термодинамическом равновесии
- Поглощенная энергия = излученная энергия

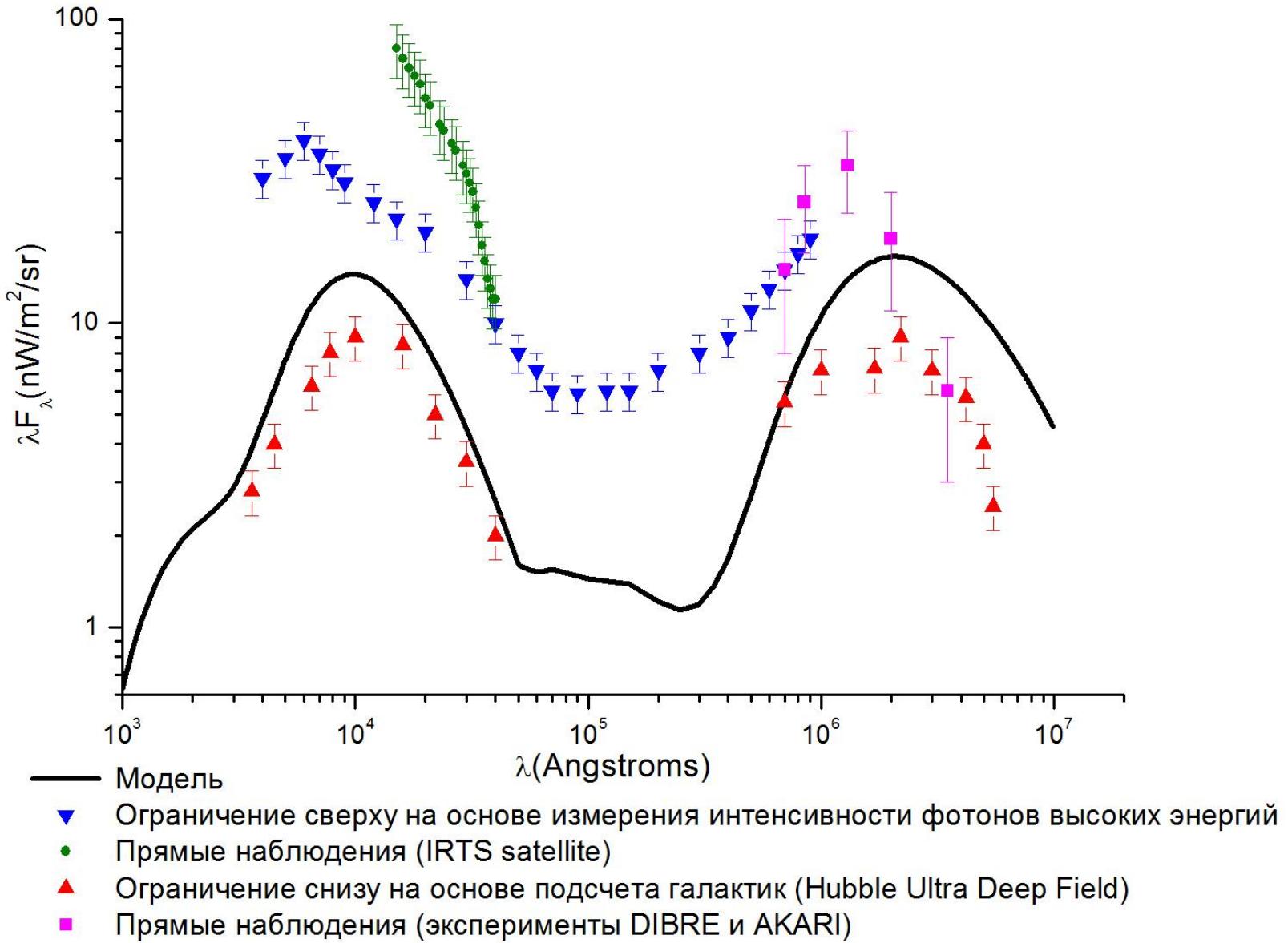
$$\frac{1}{4} \frac{R^2}{r^2} \int Q_{abs}^a(\lambda) B(\lambda, T_{star}) d\lambda = \int Q_{abs}^a(\lambda) B(\lambda, T) d\lambda$$

$Q_{abs}^a(\lambda)$  – коэффициент поглощения для пылинки  
радиуса  $a$

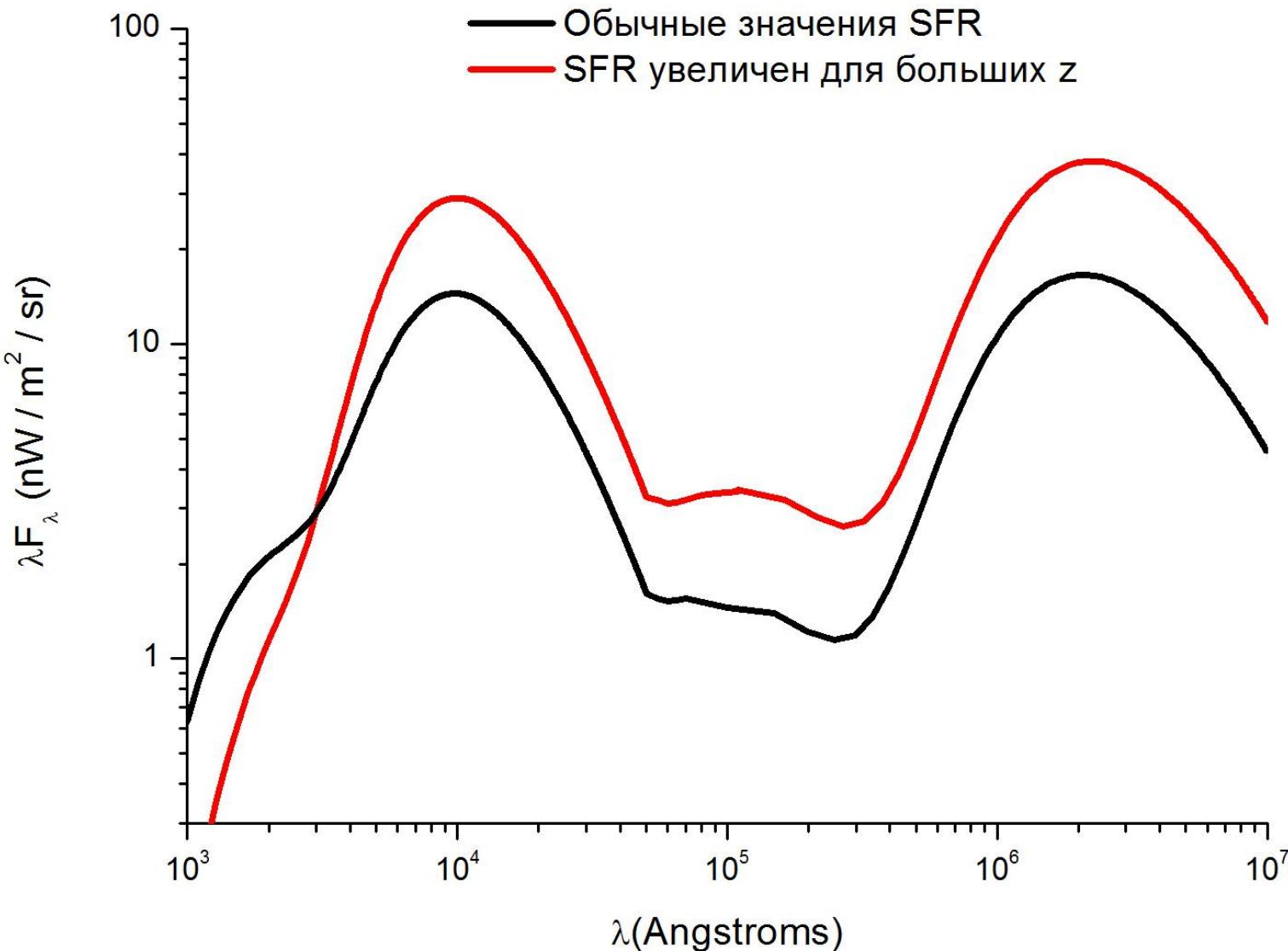
## Итоговый спектр

$$F_\lambda^{dust}(z) = \int_{a_{min}}^{a_{max}} n(a) da \frac{a^2}{d^2(z)} Q_{abs}^a(\lambda) \int_V B(\lambda, T_g(r), z) dV$$

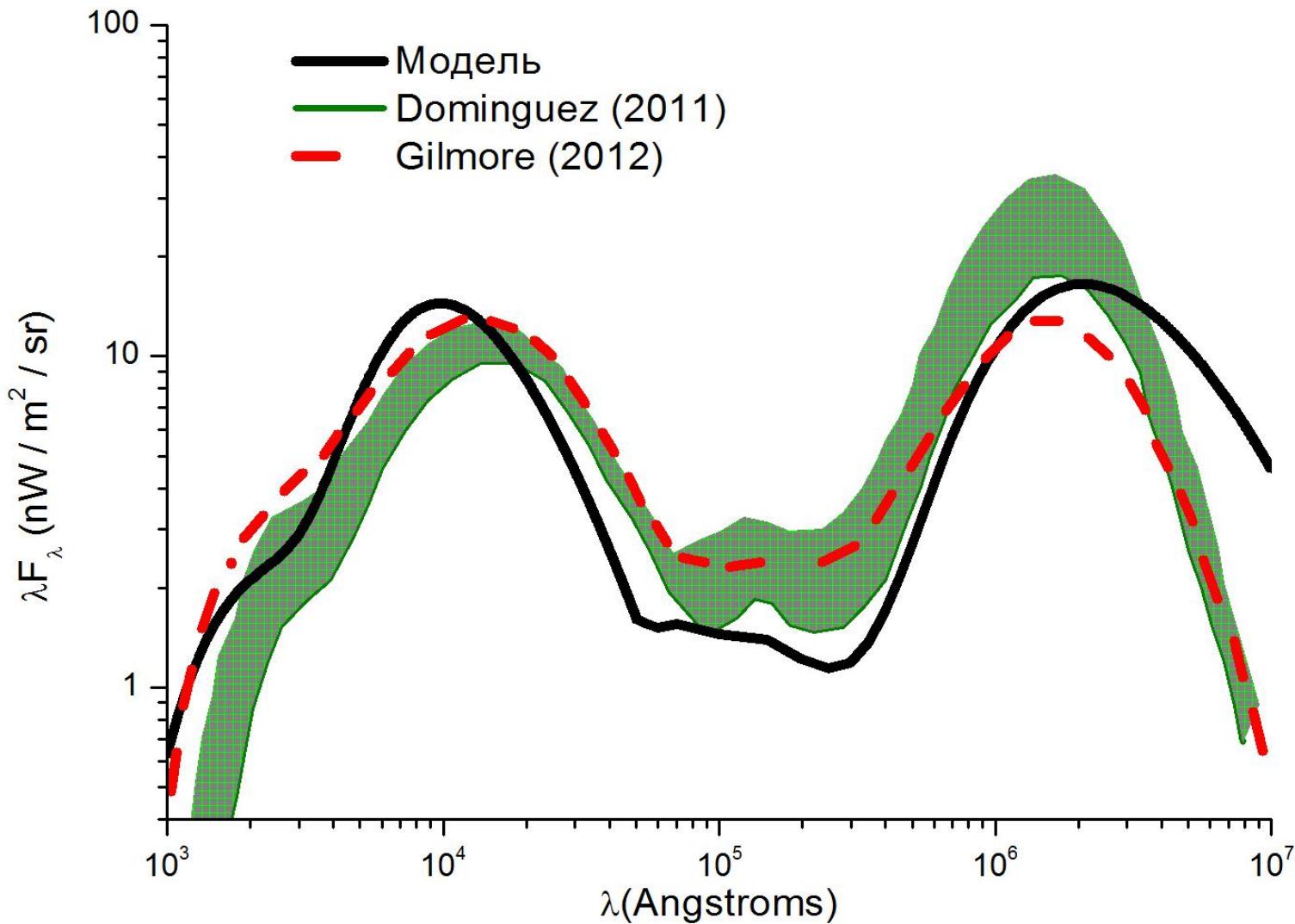
# Результаты моделирования ВФИ



# Зависимость от параметров

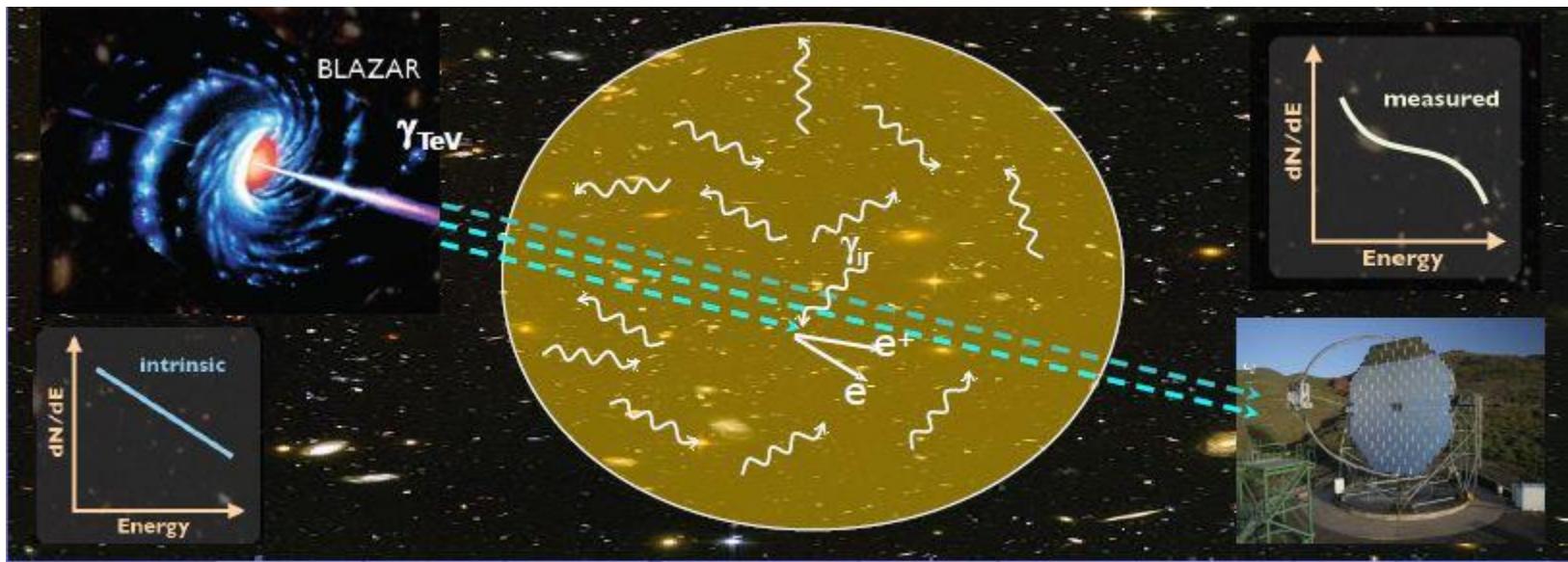


# Сравнение с существующими моделями



# Дальнейшие исследования

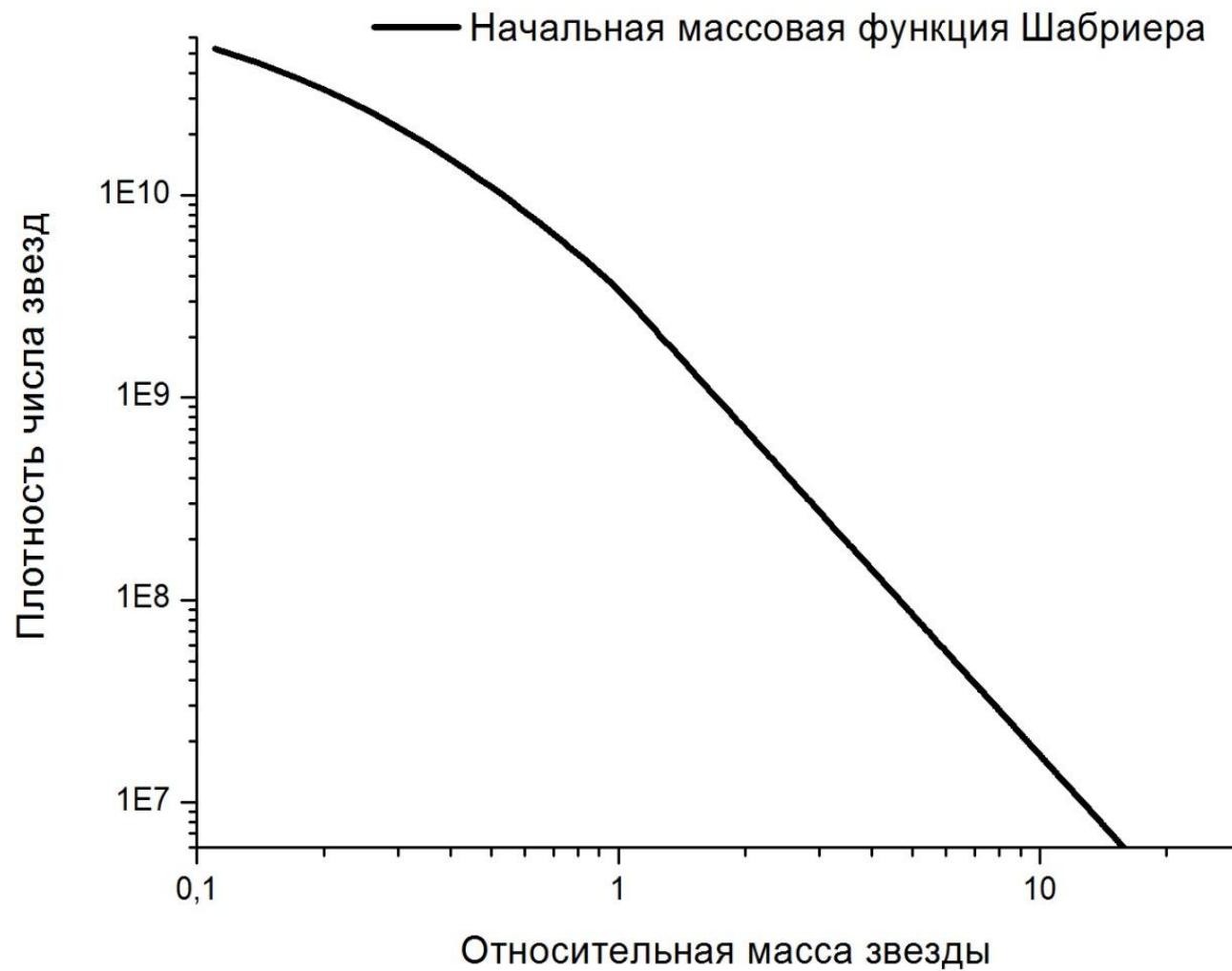
- Подбор параметров для наилучшей аппроксимации экспериментальных данных
- Рассеяние фотонов высоких энергий на ВФИ



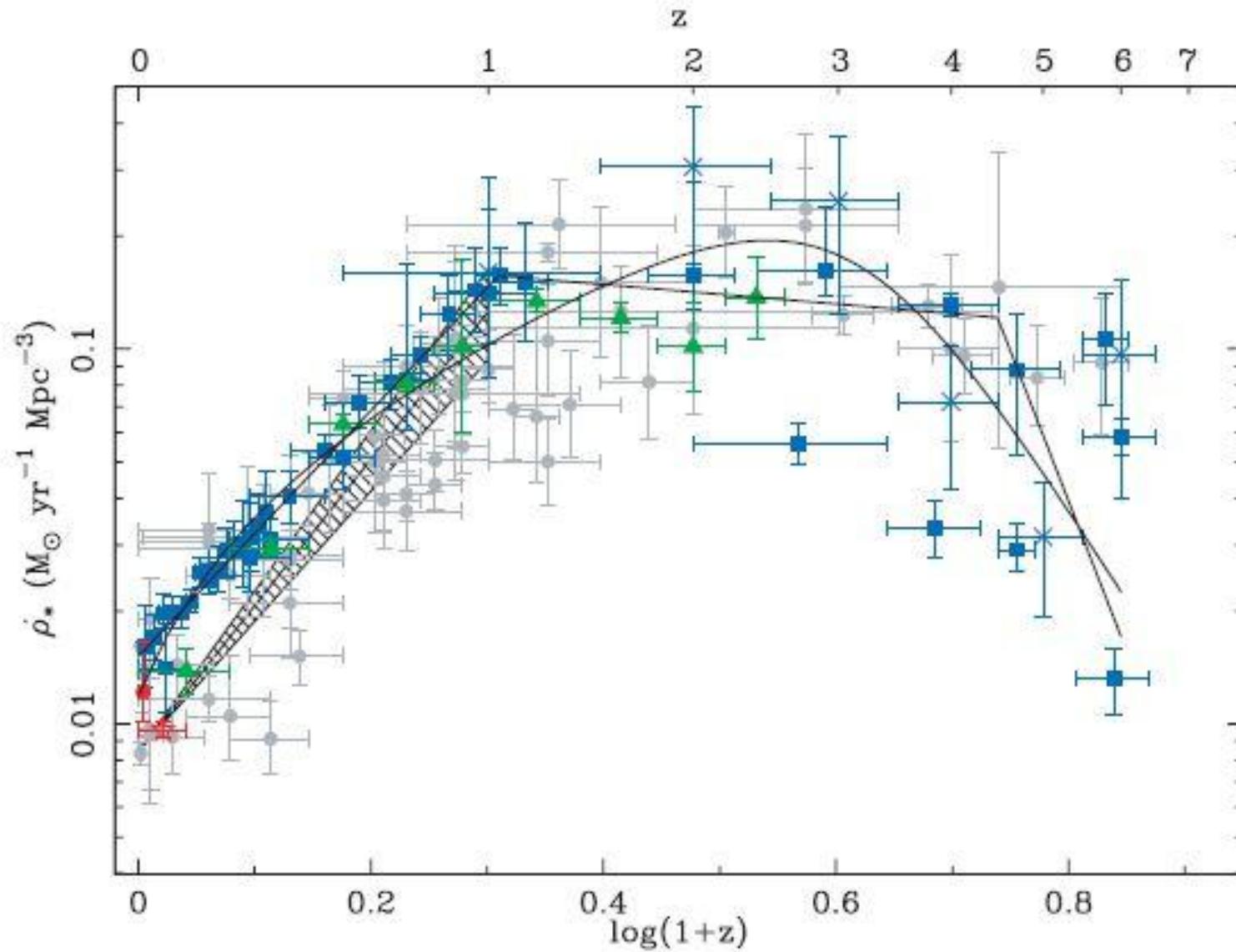
Спасибо за внимание!

Корочкин А.А.

# Начальная массовая функция Шабриера



## Скорость звездообразования в зависимости от z



Скорость звездообразования ( $M_{\text{sun}} \text{ год}^{-1} \text{Мпк}^{-3}$ )

Скорость звездообразования в зависимости от z

0,1

0,01

0

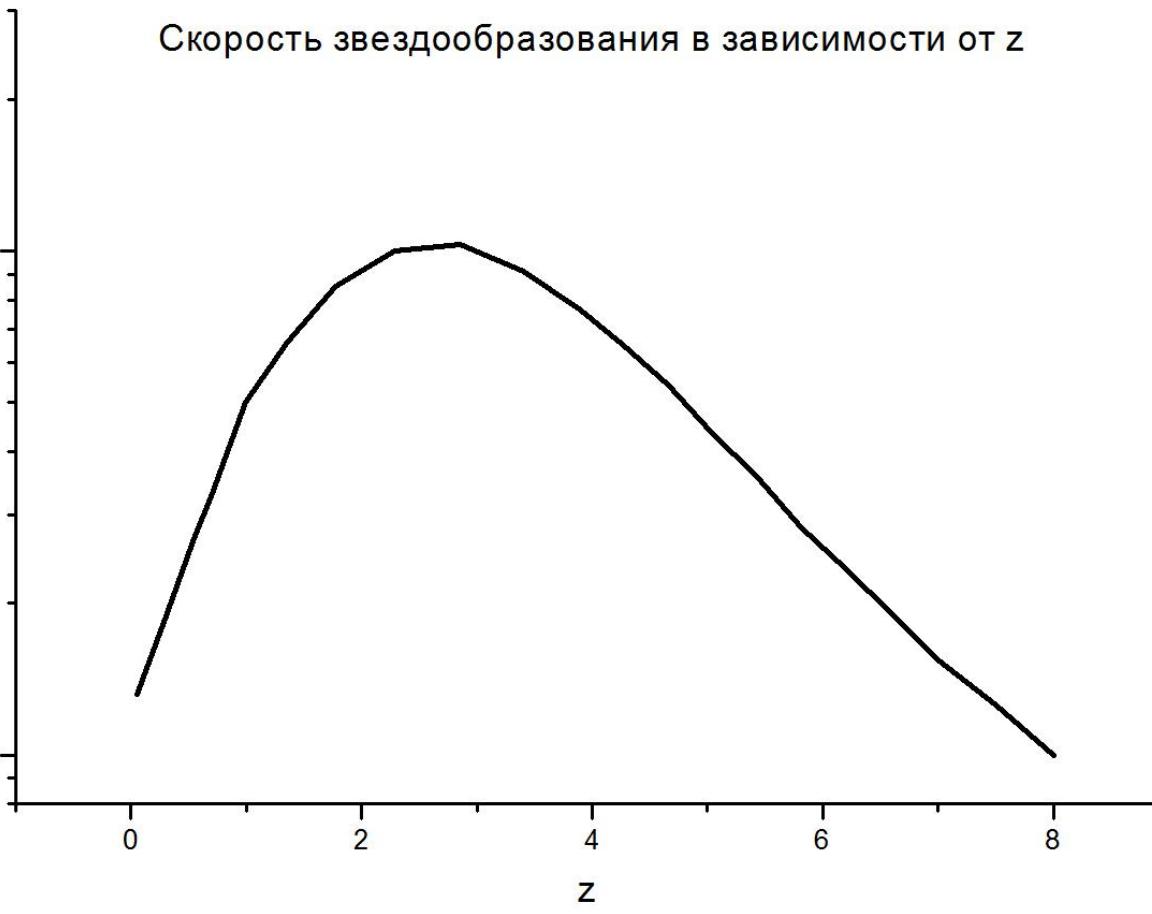
2

4

6

8

z



## Спектр удаленной звезды

$$B(\nu, T, z)(1+z)^2 4\pi r^2 d\nu = B(\nu', T, 0) 4\pi R_s^2 d\nu'$$

$$B(\nu, T, z) = \left(\frac{R_s}{r}\right)^2 (1+z)^2 \frac{2\pi h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu(1+z)}{kT}} - 1}$$