

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

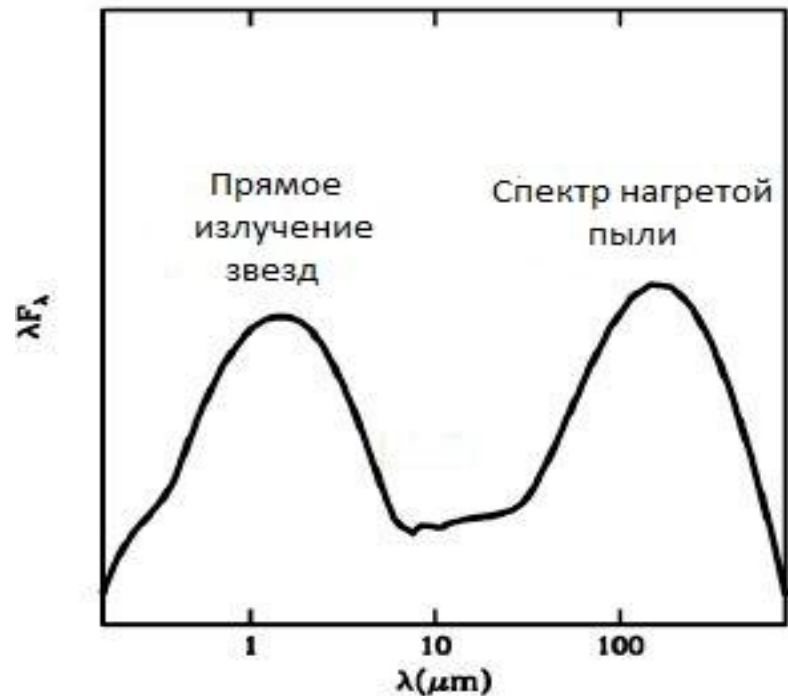
Внегалактическое фоновое излучение -

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

Экспериментальное измерение ВФИ является

трудной задачей:

- Излучение Галактики
- Зодиакальный свет



Описание модели

- Стандартная космологическая Λ 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

α – 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 ~ 100 а.е.
- Пылинки в термодинамическом равновесии
- Поглощенная энергия = излученная энергия

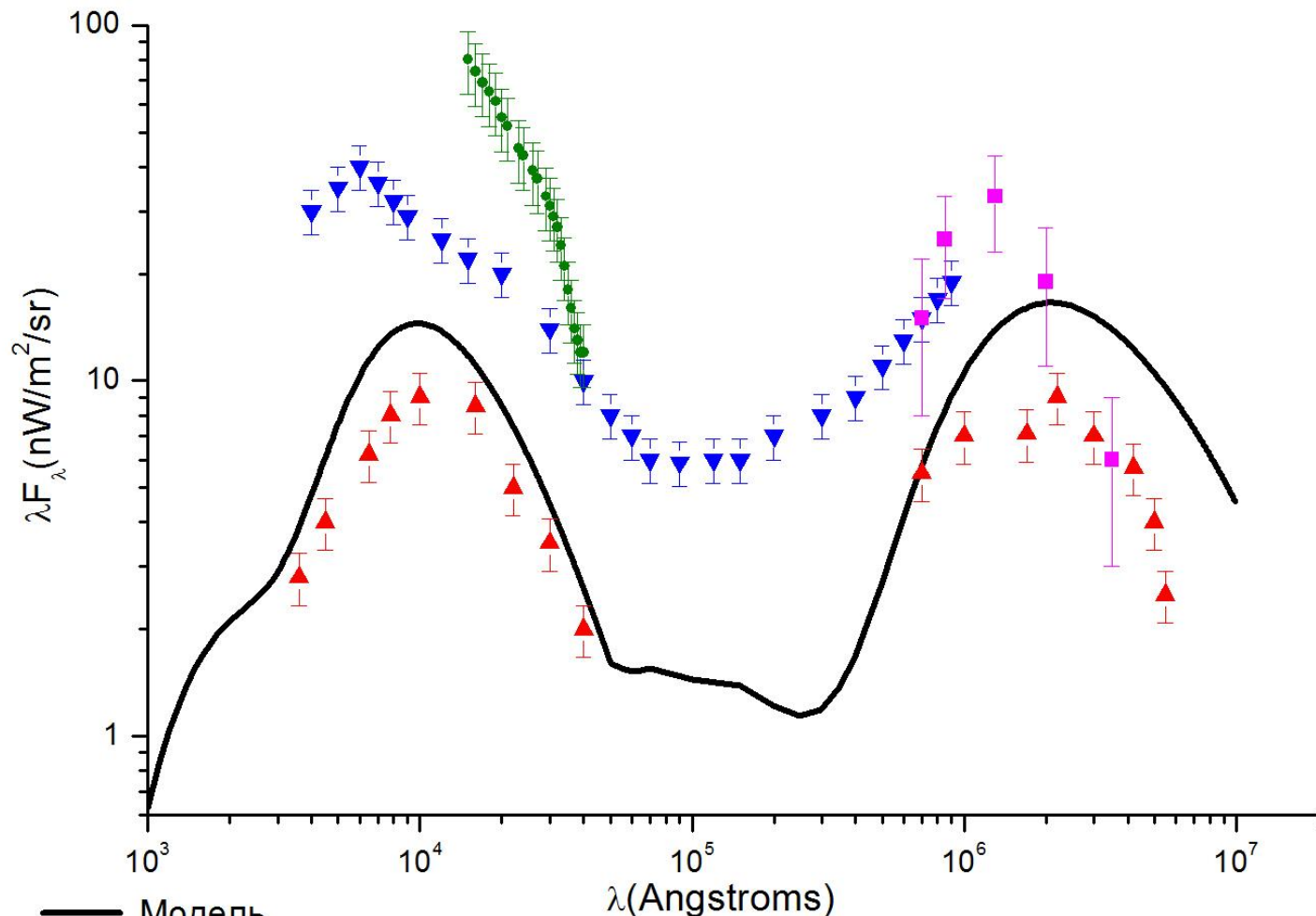
$$\frac{1}{4} \frac{R^2}{r^2} \int Q_{abs}^a(\lambda) B(\lambda, T_{star}) d\lambda = \int Q_{abs}^a(\lambda) B(\lambda, T) d\lambda$$

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

Итоговый спектр

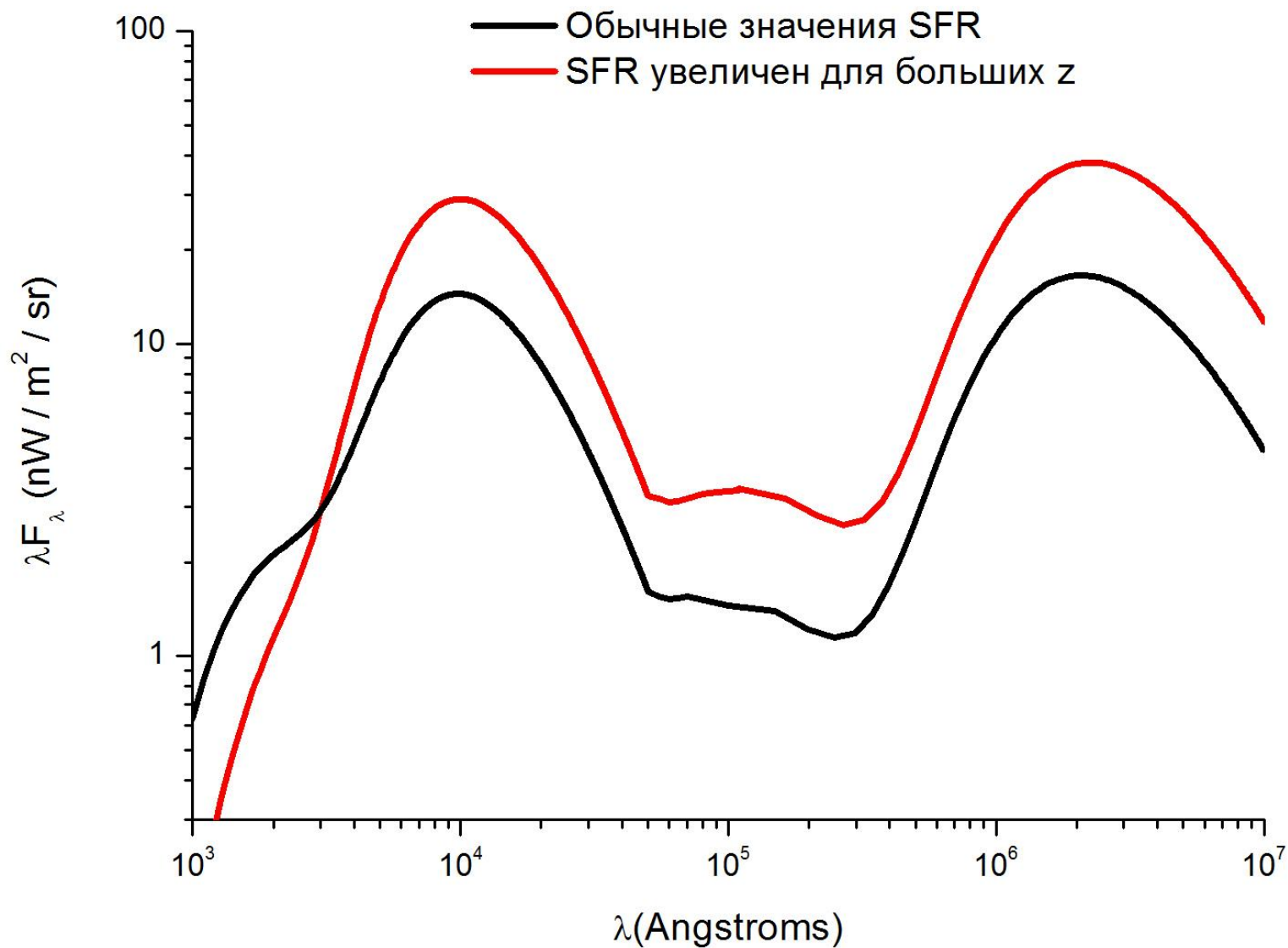
$$F_{\lambda}^{dust}(z) = \int_{a_{min}}^{a_{max}} n(a) da \frac{a^2}{d^2(z)} Q_{abs}^a(\lambda) \int_V B(\lambda, T_g(r), z) dV$$

Результаты моделирования ВФИ

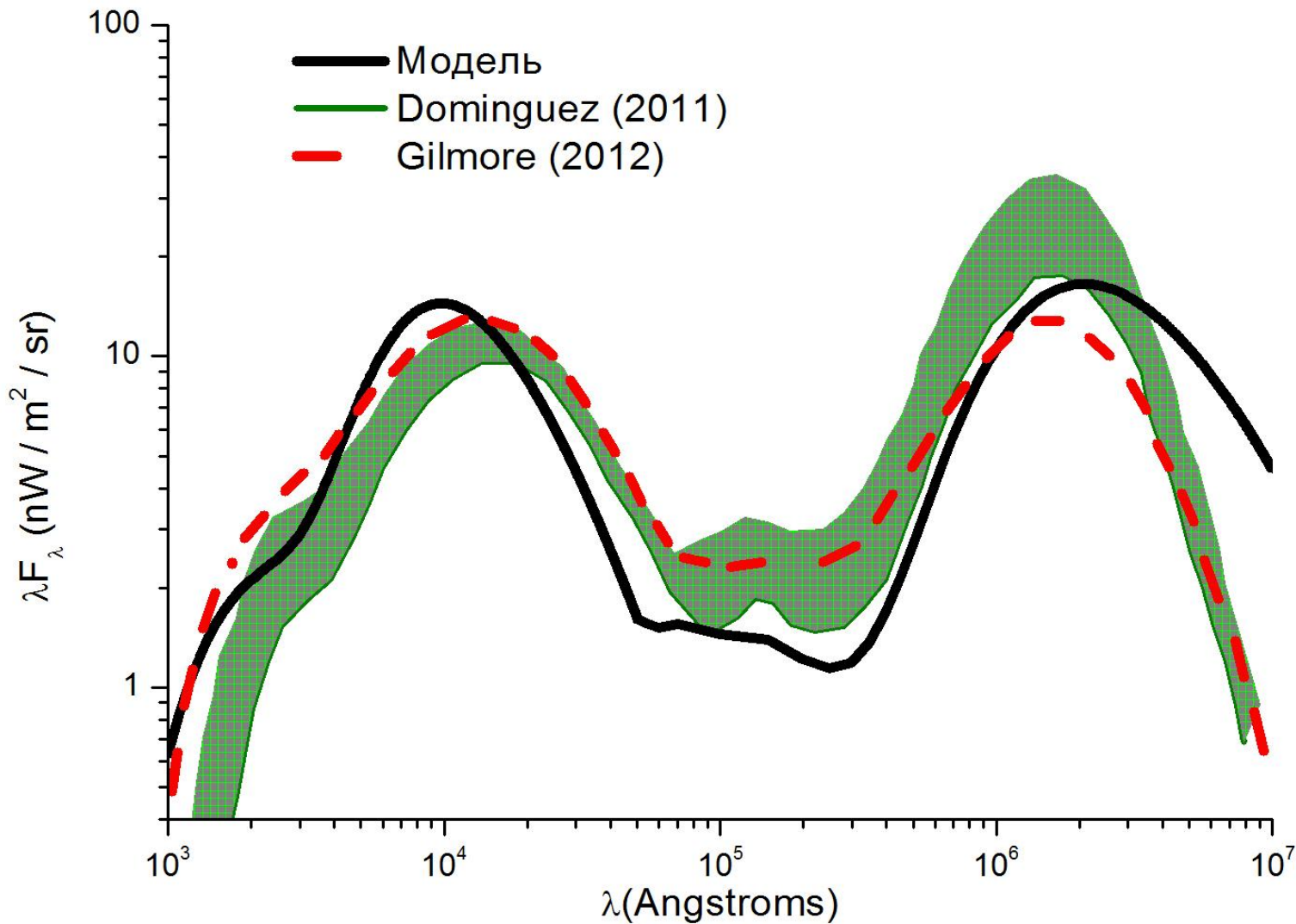


- Модель
- ▼ Ограничение сверху на основе измерения интенсивности фотонов высоких энергий
- Прямые наблюдения (IRTS satellite)
- ▲ Ограничение снизу на основе подсчета галактик (Hubble Ultra Deep Field)
- Прямые наблюдения (эксперименты DIBRE и AKARI)

Зависимость от параметров

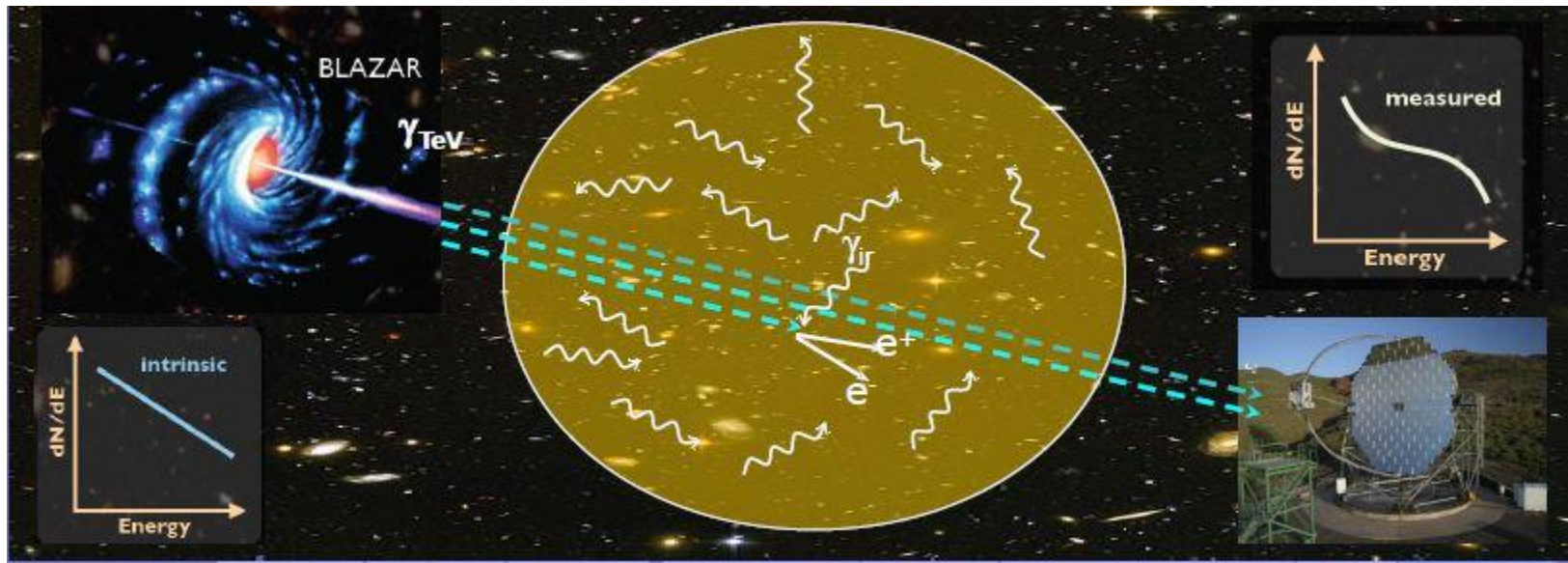


Сравнение с существующими моделями



Дальнейшие исследования

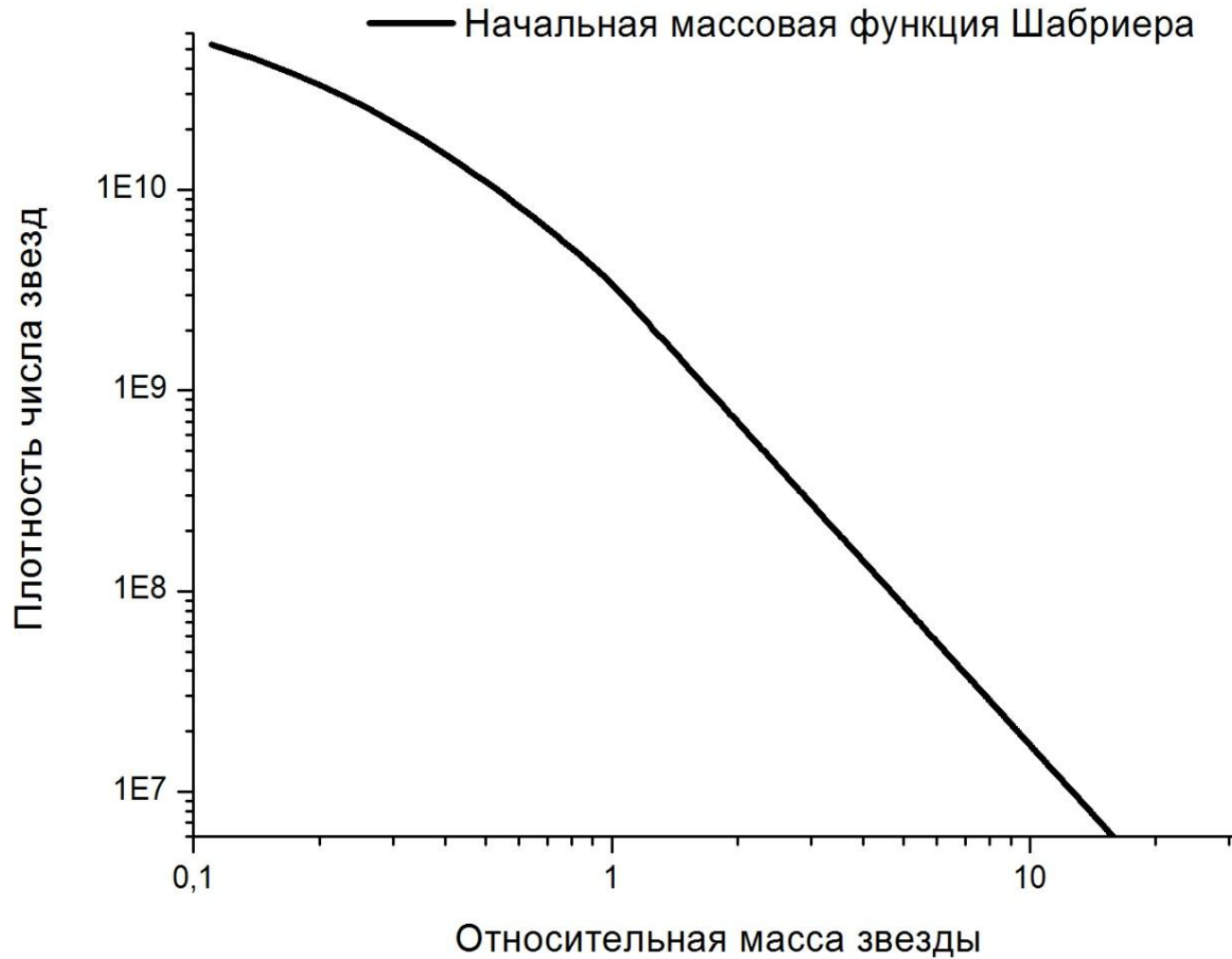
- Подбор параметров для наилучшей аппроксимации экспериментальных данных
- Рассеяние фотонов высоких энергий на ВФИ



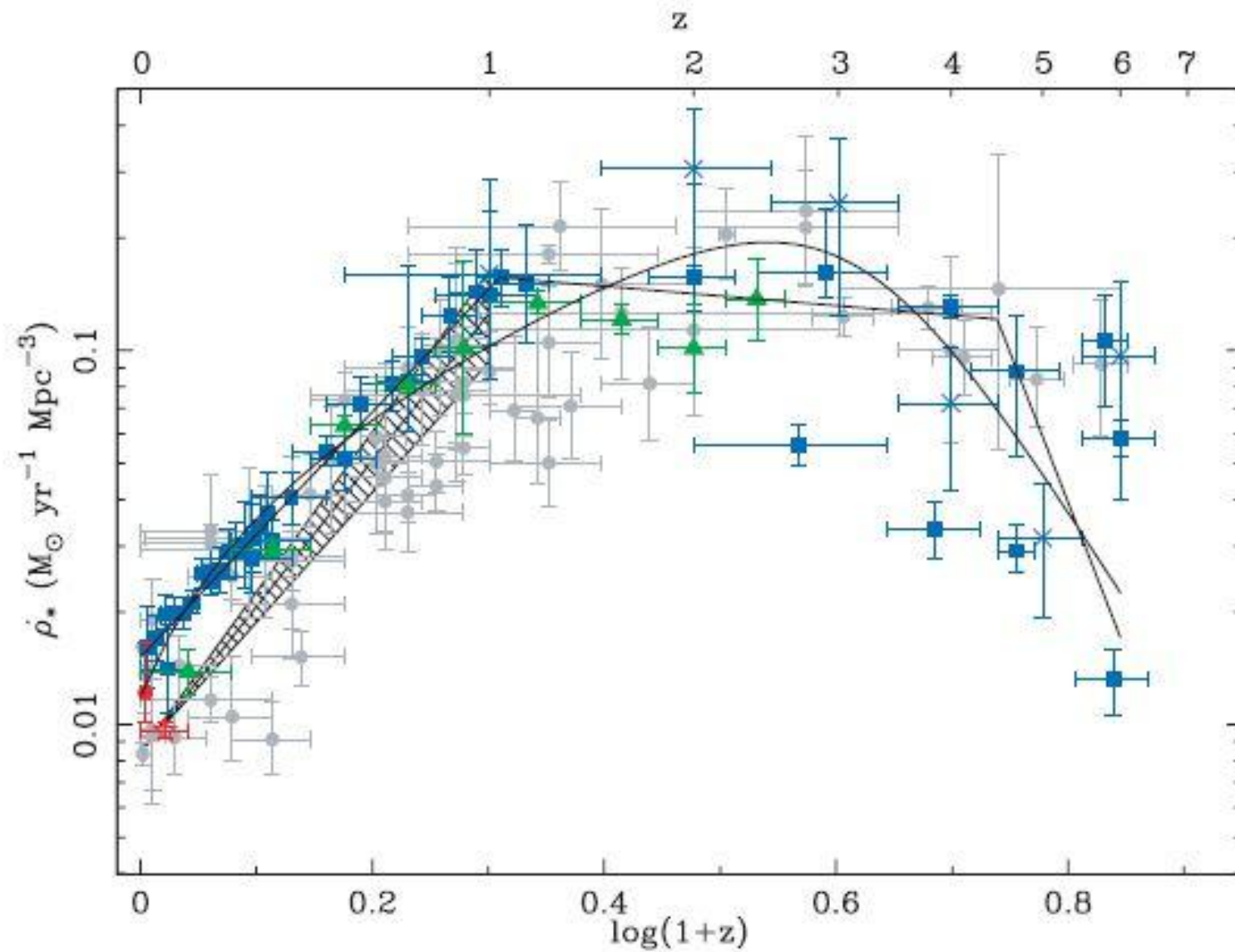
Спасибо за внимание!

Корочкин А.А.

Начальная массовая функция Шабриера



Скорость звездообразования в зависимости от z





Спектр удаленной звезды

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

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