



Первичные черные дыры как источники гамма-излучения

Васильева Е.В.

Б22-102

Научный руководитель: Кириллов А.А.

Москва, 2025

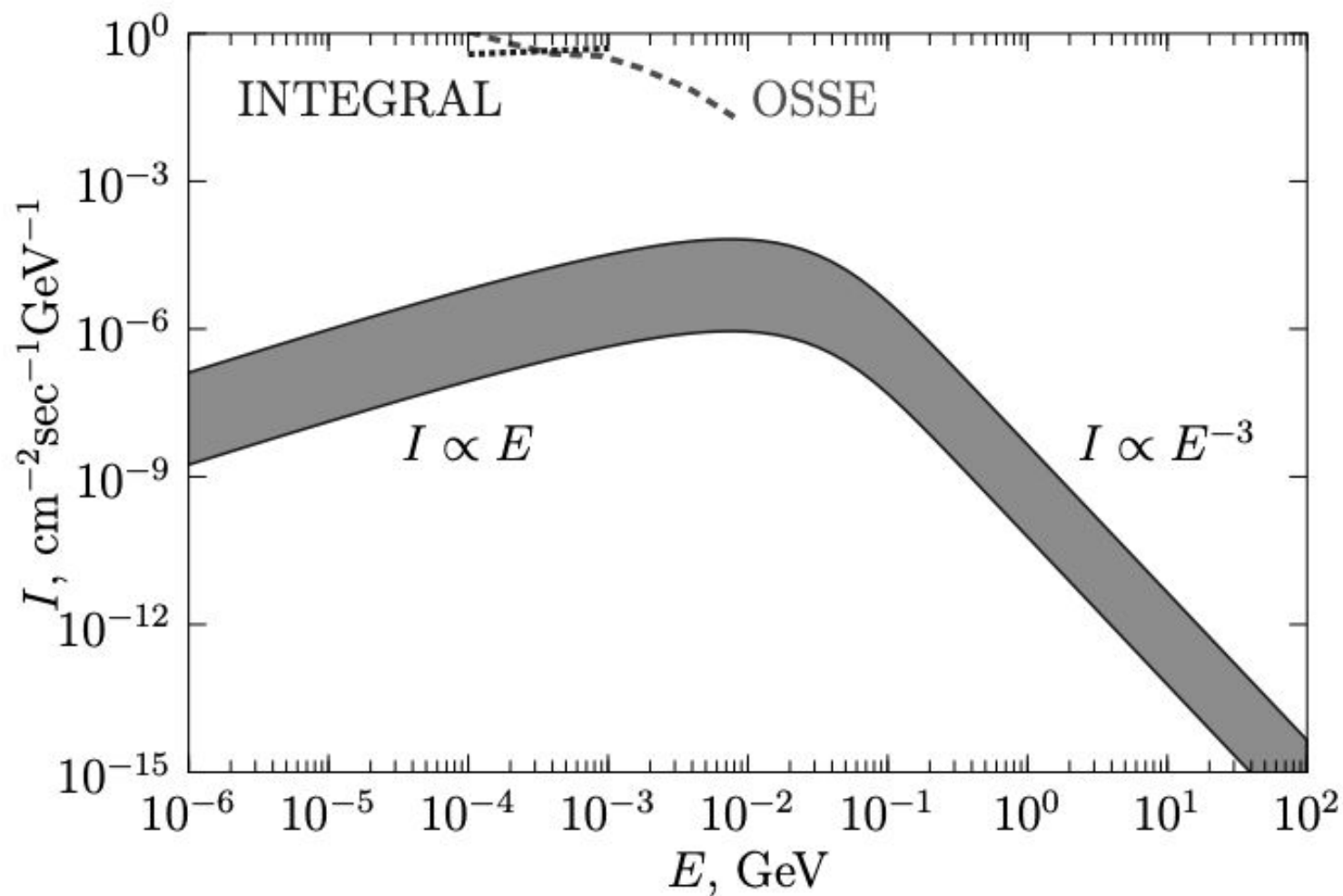


Цель:

Получение теоретического спектра энергии фотонов, излучаемых кластером первичных черных дыр, а также проверка возможности постановки ограничений на параметры модели.

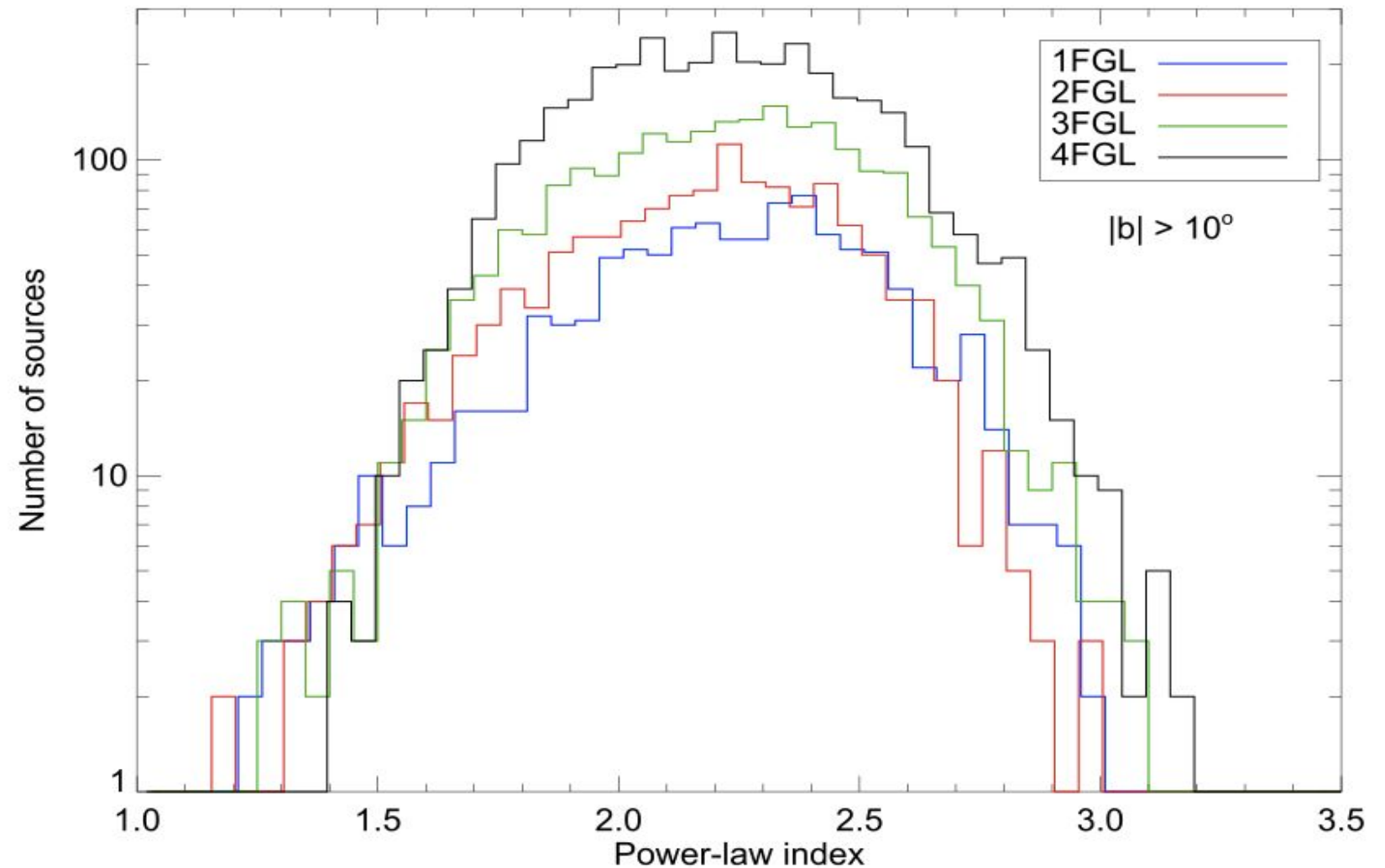
Актуальность:

Сравнение теоретического спектра излучения первичных черных дыр с данными гамма-телескопов (Fermi-LAT, EGRET) позволяет получить новые наблюдательные ограничения на параметры модели ПЧД. Полученные результаты важны для понимания природы диффузного гамма-фона и сужения круга возможных кандидатов на роль тёмной материи.

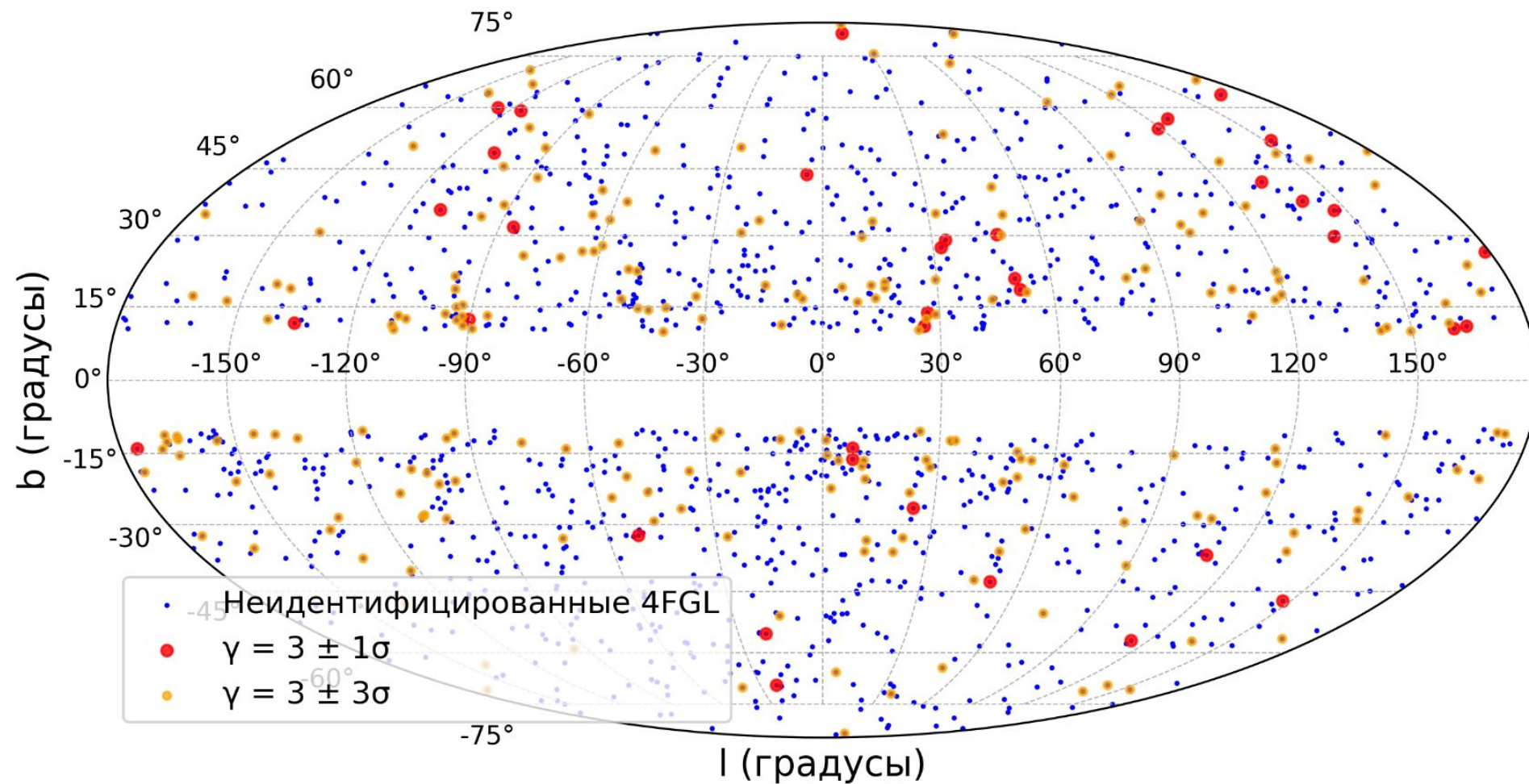


Распределение спектрального индекса для источников в каталогах Fermi-LAT

Для каталога 4FGL
средний
спектральный
индекс источников
 $\Gamma_{4\text{FGL}} = 2.2 \pm 0.3$.



Распределение точечных источников со спектральным индексом $\Gamma = 3$



Ограничение расстояния, на котором источник виден как точечный

$$R_m = \left(\frac{1}{4\pi} \frac{\dot{N}}{F_{min}} \right)^{1/2} = 3 \times 10^3 \text{ пк},$$

где $F_{min} = 6 \times 10^{-9} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ - чувствительность к точечным источникам телескопа Fermi-LAT, $\dot{N} = 6.6 \times 10^{36} \text{ с}^{-1}$ - скорость испускания фотонов кластером ПЧД.

Спектр энергии фотонов, излучаемых кластером ПЧД

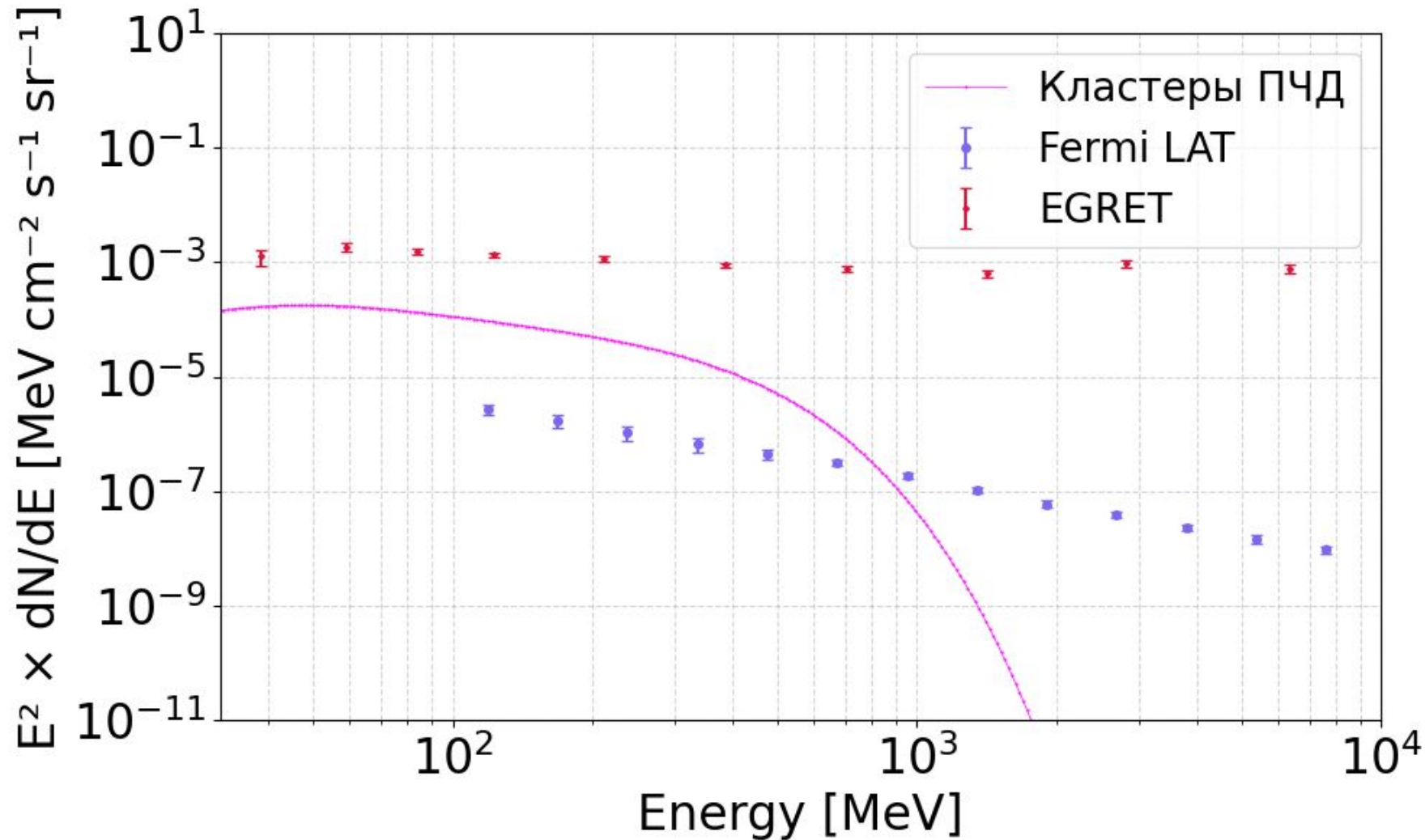
Выражение для спектра энергии:

$$J = \frac{1}{\Delta\Omega} \int \left. \frac{d\dot{N}}{dE} \right|_{cl} n_d r^2 d\Omega dr = \frac{1}{4\pi} \int \left. \frac{d\dot{N}}{dE} \right|_{cl} n_d dr$$

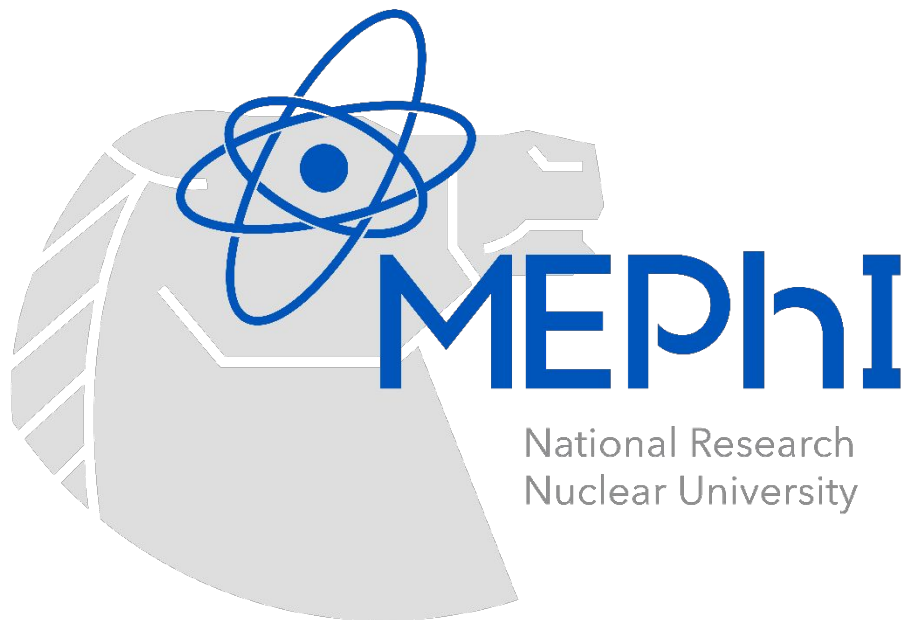
$$\left. \frac{d\dot{N}}{dE} \right|_{cl} = \int_{M_{min}}^{M_{max}} \frac{d\dot{N}}{dE} \frac{dN}{dM} dM$$

$$n_d = \frac{3}{4\pi} \frac{N_{cl}}{l_h^3}$$

Сравнение полученного спектра с наблюдательными данными



- Оценен вклад кластеров первичных черных дыр, однородно распределенных по гало Галактики, в диффузный гамма-фон в диапазоне от 30 до 10^4 МэВ.
- Показано, что дифференциальный спектр энергий фотонов превышает данные, полученные гамма-телескопом Fermi-LAT, в диапазоне энергий $E < 1$ ГэВ.
- Можно использовать наблюдательные данные для наложения ограничений на параметры модели: количество кластеров ПЧД, число ПЧД в кластере, минимальная масса ПЧД.



**Спасибо за
внимание!**

Москва, 2025