



# **Первичные черные дыры как источники гамма-излучения**

Васильева Е.В.

Б22-102

Научный руководитель: Кириллов А.А.

Москва, 2025

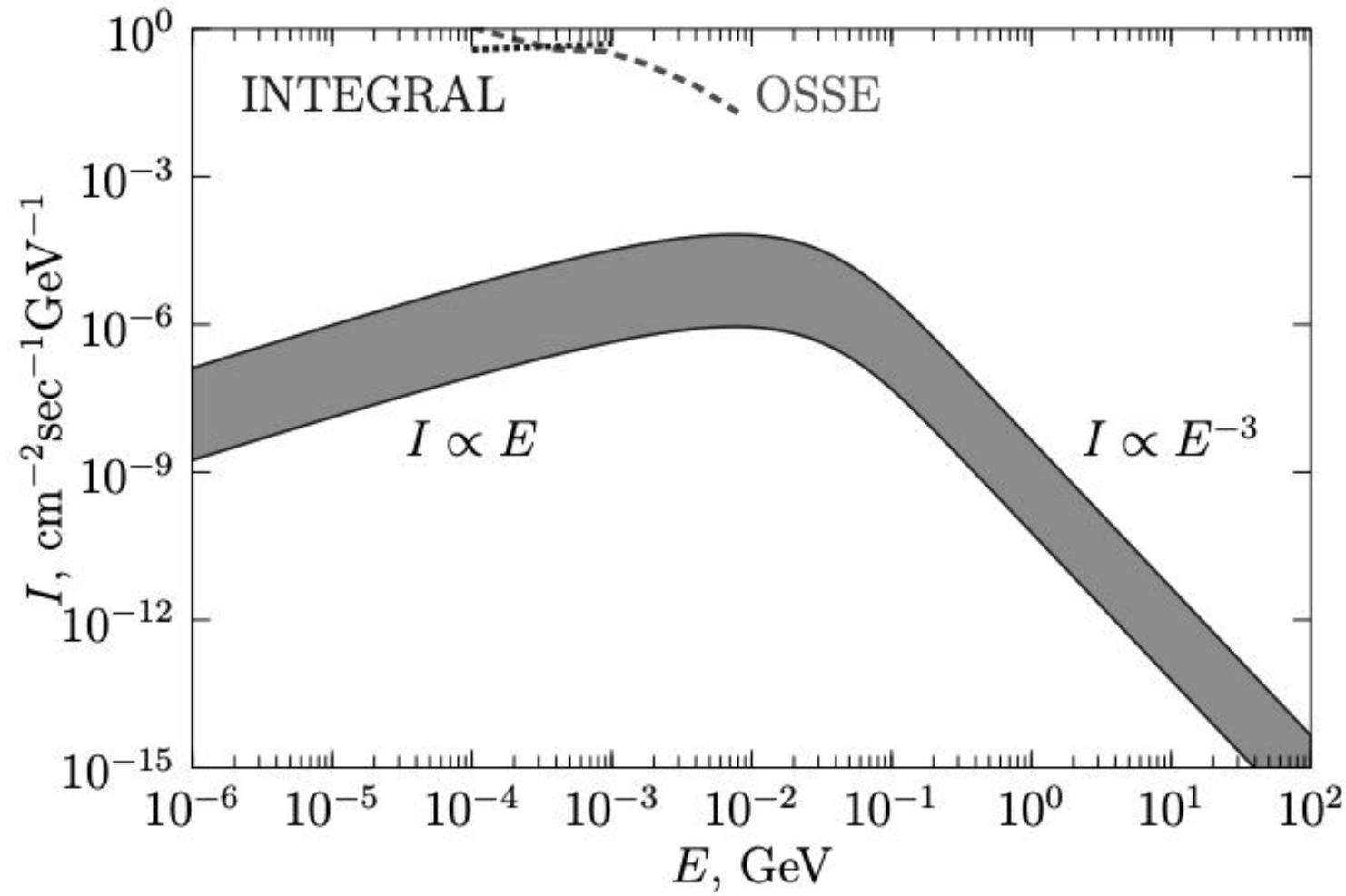
## Цель:

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

## Актуальность:

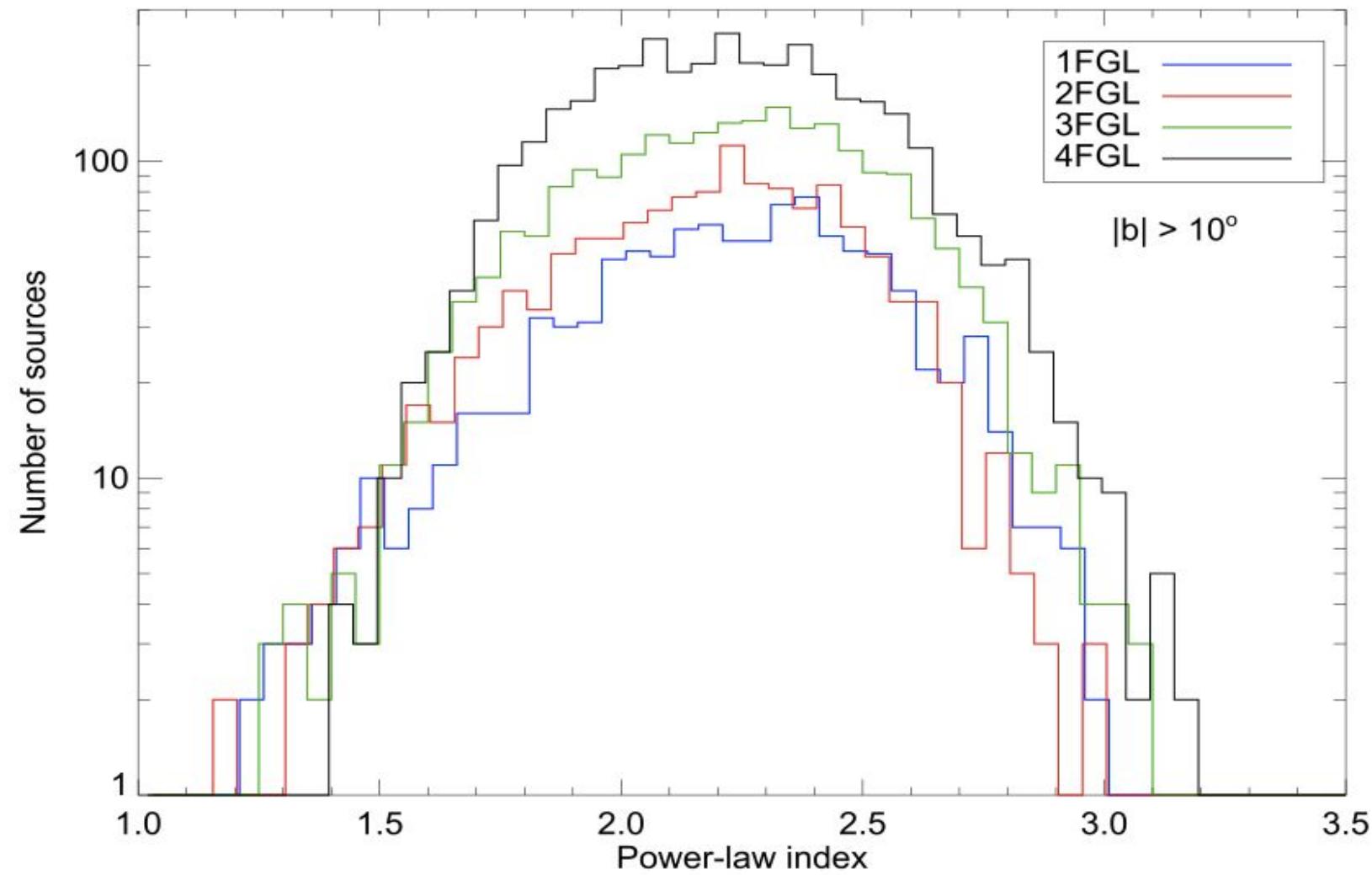
Сравнение теоретического спектра излучения первичных черных дыр с данными гамма-телескопов (Fermi-LAT, EGRET) позволяет получить новые наблюдательные ограничения на параметры модели ПЧД. Полученные результаты важны для понимания природы диффузного гамма-фона и сужения круга возможных кандидатов на роль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

# Спектральный индекс излучения фотонов ПЧД

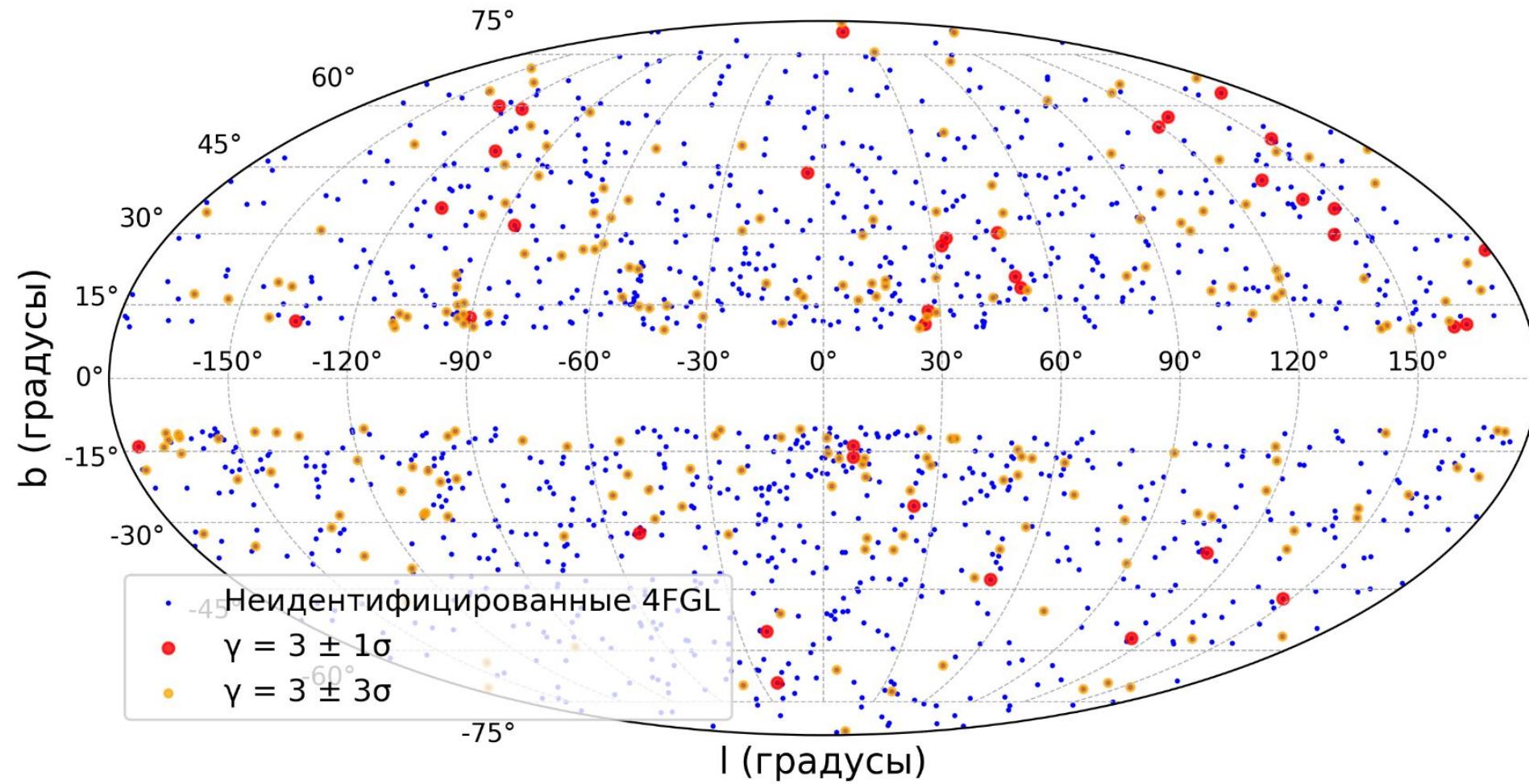


# Распределение спектрального индекса для источников в каталогах Fermi-LAT

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



# 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.

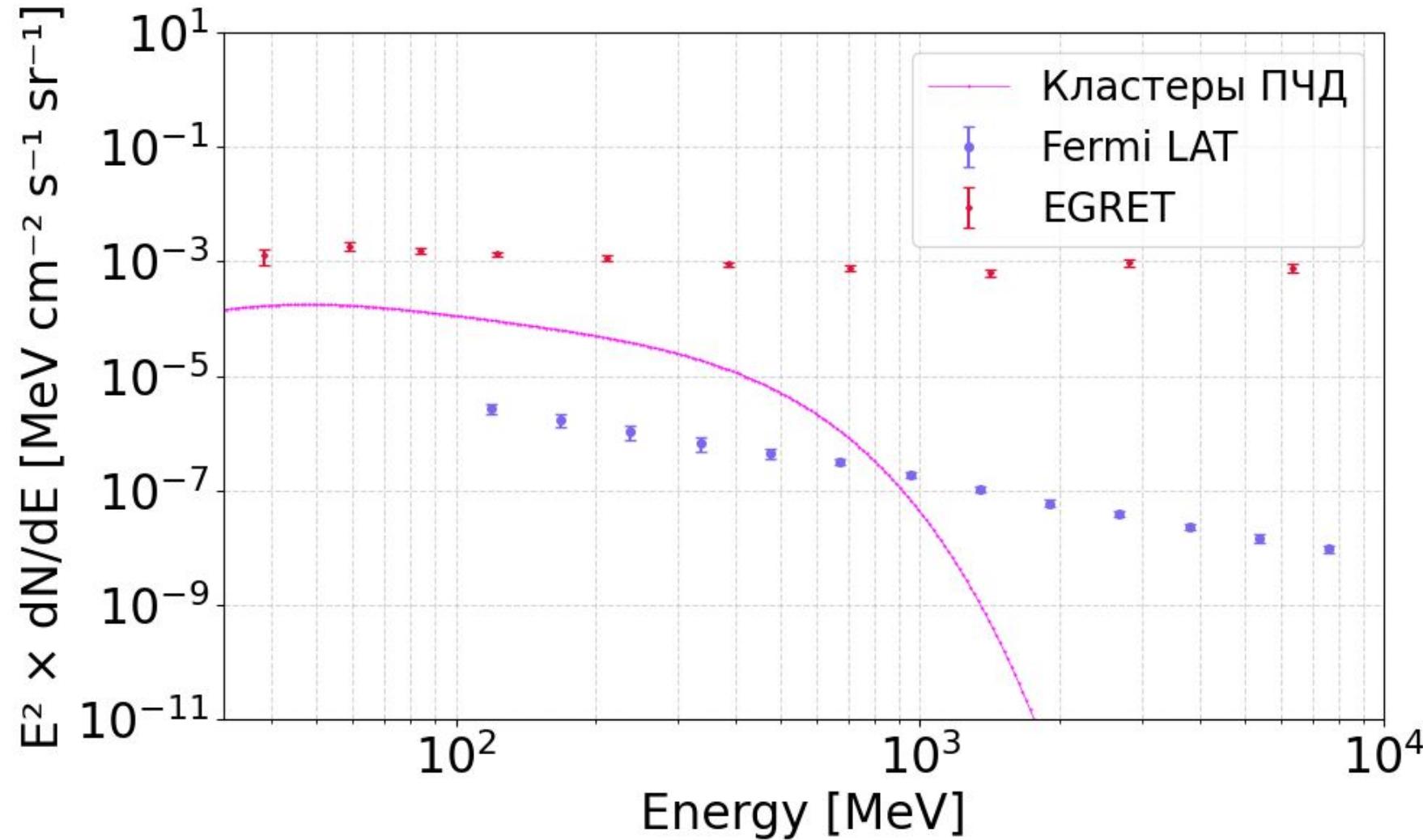
# Спектр энергии фотонов, излучаемых кластером ПЧД

Выражение для спектра энергии:

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

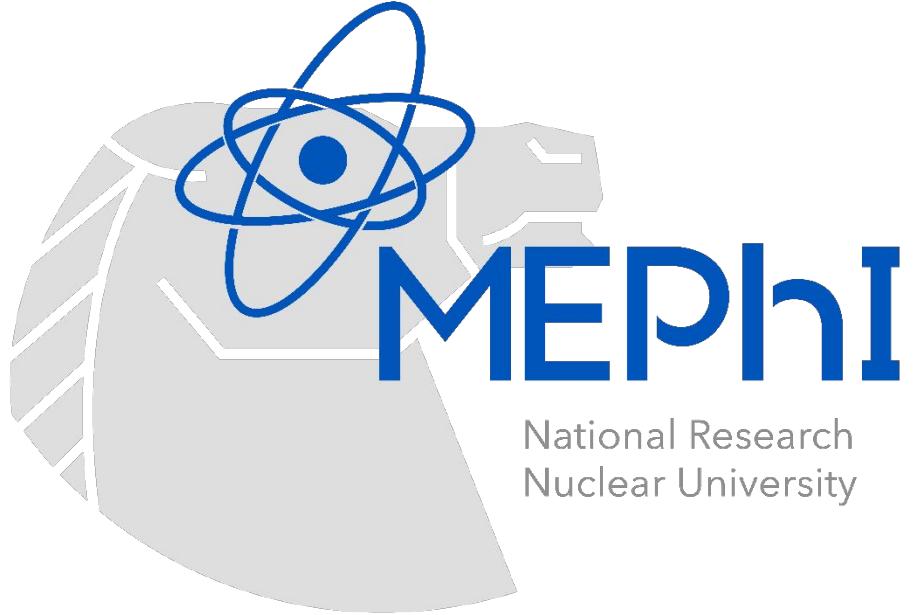
$$\frac{d\dot{N}}{dE} \Big|_{cl} = \int_{M_{min}}^{M_{max}} \frac{d\dot{N}}{dE} \frac{dN}{dM} dM$$
$$n_d = \frac{3}{4\pi} \frac{N_{cl}}{l_h^3}$$

# Сравнение полученного спектра с наблюдательными данными



# Заключение

- 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