

# Рентгеновские и гамма-спектры активных ядер галактик в каскадной модели<sup>1</sup>

*Джатдоев Тимур Ахматович*

*студент*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

*E-mail: timur1606@rambler.ru*

## Введение

Активные ядра галактик (AGN) и квазары являются мощными источниками электромагнитного излучения, вносящими существенный вклад в суммарную энергетику Метагалактики. Несколько десятилетий наблюдений выявили значительную неоднородность популяции AGN. В классификационной схеме [1] можно выделить три типа объектов: сейфертовы галактики первого и второго типа, а также блазары. Среди AGN мощными источниками гамма-излучения являются только блазары (около 50 объектов этого типа было зарегистрировано гамма-телескопом EGRET). В то же время, доля блазаров в суммарной популяции AGN составляет около 5%.

Для объяснения наблюдаемых особенностей различных типов AGN была разработана унифицированная модель объекта [2], предполагающая сильную анизотропию излучения. Одна из версий этой модели, помимо резко анизотропного гамма-излучения в виде струи-джета, включает также ориентированный вдоль струи барионный филамент. В данной работе исследуется преимущественно указанный тип геометрии объекта.

Имеющиеся наблюдательные данные, по-видимому, не позволяют сделать однозначный выбор в пользу справедливости унифицированной модели. В работе показано, что весьма перспективными для дальнейшего тестирования этой модели являются наблюдения AGN в области умеренных (10 MeV-100 GeV) энергий. Основания для такого подхода: практически полная независимость гамма-спектра от состояния ионизации вещества, минимальное поглощение по пути от источника к наблюдателю, наличие резонансных линий в спектре (гигантский дипольный резонанс,  $\Delta$ -изобара), возможность определения больших колонн и локации наиболее близких по отношению к центральному объекту и поэтому наиболее интересных областей источника, высокая направленность гамма-излучения по сравнению с рентгеновским излучением, и, что немаловажно, общая простота анализа. Важную роль играет также то обстоятельство, что именно на этот энергетический диапазон (30 MeV-300 GeV) рассчитан гамма-телескоп GLAST, запуск которого вскоре планируется.

## Методы

В данной работе был использован код GEANT4.8.2, реализующий метод Монте-Карло. Основные процессы, входящие в нашу модель (указан тип частицы): образование электрон-позитронных пар, комптоновское рассеяние, фотоэффект, рэлеевское рассеяние, флуоресценция и эффект Оже, фотоядерное взаимодействие с возбуждением  $\Delta$ -изобары или гигантского дипольного резонанса, фотоядерное расщепление (последние два процесса проявляются в случае взаимодействия с ядром  $A > 1$ ) (фотоны); тормозное излучение, ионизационные потери (включая образование  $\delta$ -электронов), многократное рассеяние (электроны); тормозное излучение, аннигиляция с электронами вещества, ионизационные потери (включая образование  $\delta$ -электронов), многократное рассеяние (позитроны); неупругое  $p$ - $p$  взаимодействие, преимущественно с образованием  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^0$ -мезонов (протоны); распад на два гамма-кванта ( $\pi^0$ -мезоны); распад  $\Delta$ -изобары.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена под руководством д.ф.-м.н. В.И. Галкина.

Кроме того, обсуждаются возможности развития каскадного процесса в результате  $(\gamma\gamma)$ -взаимодействия с последующим комптоновским рассеянием электронов, а также рождения электрон-позитронных пар в магнитном поле.

### Некоторые результаты

В результате исследования каскадного процесса в веществе были получены следующие характеристики: зависимость спектра от глубины, угловое распределение фотонов в каскаде, временная картина развития процесса (рис. 1 а-с, соответственно). На рис. 1d представлена одна из возможных аппроксимаций данных EGRET [3] в области  $\Delta$ -резонанса, полученная в результате моделирования.

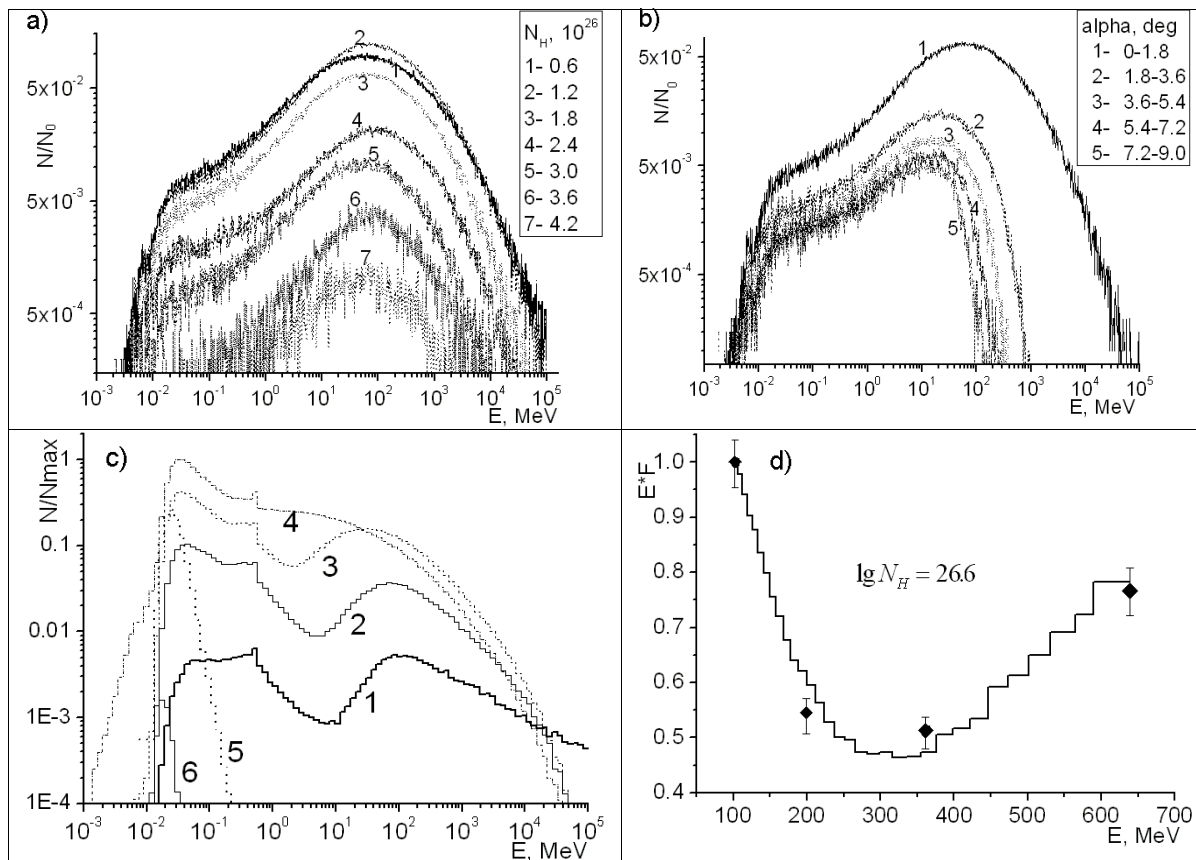


Рис. 1. а, b, c-развитие каскада с первичным степенным дифференциальным спектром 1 GeV-100 GeV, показатель  $\gamma=-1$ . Представлены спектры числа частиц, нормированные на  $N_0$ -количество ливней (a, b) и  $N_{max}$  –спектральную плотность числа частиц в максимуме (c).  $N_H$ - колонна вещества в proton/cm<sup>2</sup>. d- пример моделирования спектрального распределения энергии источника 3C279 в области  $\Delta$ -резонанса

### Литература

1. Padovani P. (1997) Gamma-ray emitting AGN and unified schemes (astro-ph/9702096).
2. Antonucci R. (1993) Unified models for active galactic nuclei and quasars ARA&A..31..473A
3. Iyudin A.F, Reimer O., Burwitz V., Greiner J., and Reimer A. (2005) Resonant Absorption Troughs in the Gamma-Ray Spectra of QSO A&A, March 2005.