

## **Моделирование рентгеновских спектров, формирующихся при аккреции вещества на сверхмассивные черные дыры**

Я.В. Орлова<sup>1,2</sup>, С.Ю. Сазонов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Институт космических исследований Российской академии наук

Сопоставление наблюдений спектров рентгеновских источников, излучение которых взаимодействует с окружающим их газом через фотопоглощение и комптоновское рассеяние, с теоретически вычисленным спектром позволяет получить ограничения на геометрические параметры, на плотность вещества на луче зрения, на химическое богатство материи [1-5]. Сюняев и Титарчук нашли аналитическое решение задачи комптонизации низкочастотного излучения в изотермическом облаке нерелятивистской плазмы с большой оптической толщиной по томсоновскому рассеянию [6]. Однако сравнение с расчетами методом Монте-Карло свидетельствует о грубости аналитического рассмотрения при высоких температурах и малых толщинах.

Целью данной работы является построение спектров, формирующихся в процессе поглощения и комптоновского рассеяния рентгеновского излучения. В основу программного кода была положена методика Монте-Карло расчета процессов комптонизации, изложенная в статье Позднякова, Соболя и Сюняева [7]. Рассматривается тороидальная структура из сгустков газа с центральным источником. Испытания программы проводились для монохроматического источника, в дальнейших исследованиях брался степенной начальный спектр, близкий к реальному.

Проведены расчёты в разных режимах с комптоновским рассеянием для сопоставления с известными зависимостями. Была проверена чувствительность к изменению суммарной плотности тора и радиуса сферического облака. Проанализировано поведение спектра при качественном изменении параметров задачи. В последней серии расчётов исследовалось влияние поглощения и флюоресценции. Были смоделированы спектры, иллюстрирующие вклады отдельных химических элементов в эти процессы для разных величин усредненной плотности тора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Brightman M., Nandra K.* XMM survey of 12  $\mu\text{m}$  selected galaxies. – MNRAS. – 2011. – V. 413. – 1206 p.
2. *Ikeda S., Awaki H., Terashima Y.* Study on X-ray spectra of obscured active galactic nuclei based on Monte Carlo simulation - an interpretation of obscured wide-band spectra. – ApJ. – 2009. – V. 692. – 608 p.
3. *Murphy K.D., Yaqoob T.* An X-ray spectral model for Compton-thick toroidal reprocessors. – MNRAS. – 2009. – V. 397. – 1549 p.
4. *Nandra K., George I.M.* X-ray reprocessing by cold clouds in active galactic nuclei. – MNRAS. – 1994. – V. 267. – 974 p.
5. *Tatum M.M., Turner T.J., Miller L., Reeves J.N.* The Global Implications of the Hard X-Ray Excess in Type 1 Active Galactic Nuclei. – ApJ. – 2013. – V. 762. – 80 p.
6. *Sunyaev R.A., Titarchuk L.G.* Comptonization of X-rays in plasma clouds. Typical radiation spectra. – Astron. and Ap. – 1980. – V. 86. – 121 p.
7. *Поздняков Л.А., Соболев И.М., Сюняев Р.А.* Комптонизация и формирование спектров рентгеновских источников. Методика расчетов методом Монте-Карло. – *Астрономия. Итоги науки и техн.* – М.: ВИНТИ, 1982. – Т. 21. – С. 238–305