

РОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ФАКТОРА ПЕРЕКРЫТИЯ ОБЛАКОВ В ФОРМИРОВАНИИ СПЕКТРА ПОГЛОЩЕНИЯ АЯГУСЛОВИЯ ПОЯВЛЕНИЯ ЭФФЕКТА ЛАЙН-ЛОКИНГА В КВАЗАРАХ С ШИРОКИМИ ЛИНИЯМИ ПОГЛОЩЕНИЯ

На основе теории истечения вещества активных ядер галактик получены критерии для появления эффекта лайн-локинга в квазарах с широкими линиями поглощения. Оценена роль геометрического фактора перекрытия облаков в формировании спектра поглощения АЯГ. появления эффекта лайн-локинга в квазарах с широкими линиями поглощения

Введение.

Первым указанием на истечение вещества из активных ядер галактик (помимо радиоджетов) были широкие линии поглощения (ШАЛ), наблюдаемые в спектрах далеких квазаров [1,2]. При красном смещении $z \sim 2$ сильные резонансные линии ионов CIV, SiIV, NV и линия L-альфа водорода смешаются в видимый диапазон спектра и могут наблюдаться наземными телескопами. В конце XX века начали работать крупные орбитальные телескопы нового поколения, позволившие наблюдать линии поглощения в близких активных ядрах галактик (АЯГ) в ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра [3,4]. Однако до сих пор не существует общепринятой теории истечения вещества АЯГ, объясняющей феномен широких линий поглощения. Отчасти это объясняется большими различиями в спектрах далеких АЯГ (преимущественно квазаров высокой светимости) и в спектрах близких АЯГ (сейфертовских галактик), обладающих меньшей светимостью и большей спектральной переменностью. Существующие модели связывают наблюданное поглощение с истечением вещества вблизи поверхности аккреционного диска [5,6],

либо с поглощением на газовых облаках во внутренних областях АЯГ[7,8], но не объясняют формы профилей наблюдаемых линий. Интересной разновидностью АЯГ с ШАЛ являются объекты с системами узких линий поглощения в спектре (т.н. «лайн-локинг»).

Около 10 лет назад в АФИФ была разработана унифицированная теория истечения вещества и создана численная модель, согласно которой ШАЛ возникают благодаря поглощению в системе «холодных» (с температурой порядка 10^4 К) облаков, внедренных в горячий ($10^7 - 10^8$ К) газ [9-12]. Расчеты спектров поглощения, основанные на этой модели, качественно объясняют основные особенности наблюдаемых спектров.

Движение облаков: общие принципы

Уравнение движения облака в двухфазной среде имеет вид [10, 11]

$$m_{cl} \frac{dV}{dt} = f_l + f_e + f_d - f_g \quad (1)$$

где m_{cl} – масса облака, V – его скорость.

В правую часть уравнения входят силы радиационного давления в результате рассеяния в линиях и в континууме, сила трения из-за разни-

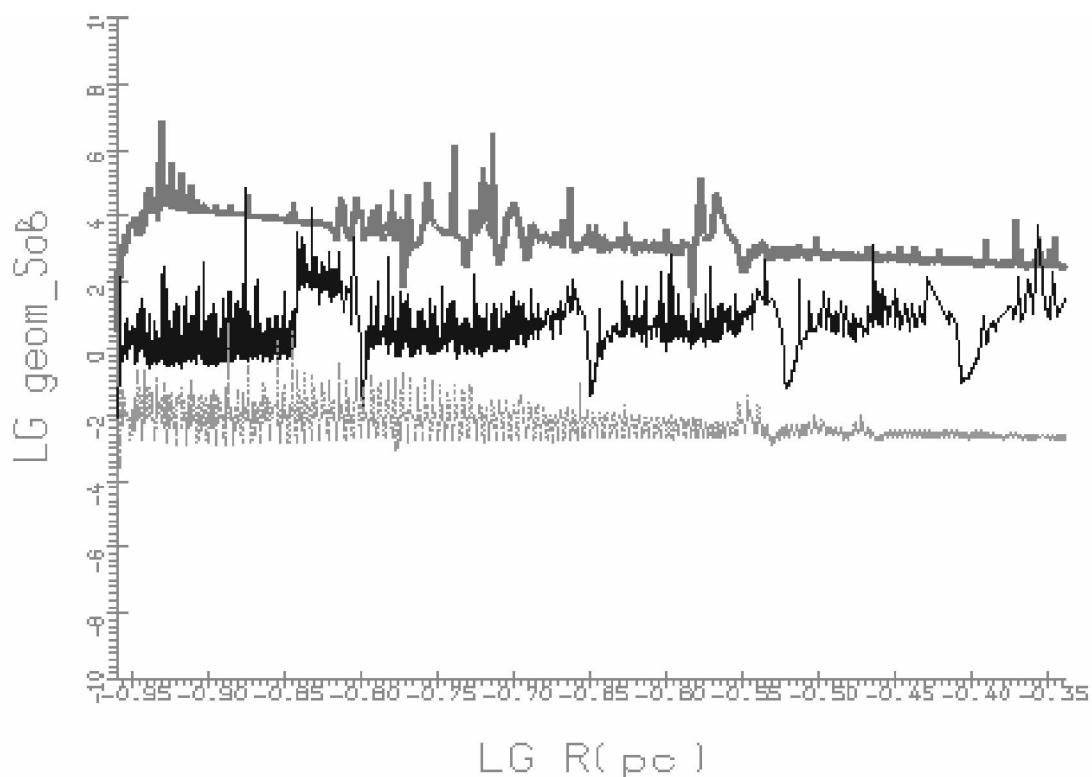


Рис.1 Геометрический параметр перекрытия для малого потока облаков (нет линий поглощения - нижняя кривая), большого потока (широкие линии - верхняя кривая) и ступенчатой структуры скорости (системы линий - средняя кривая). По оси X – логарифм расстояния от центрального объекта в парсеках, по оси Y – логарифм geom_Sob.

цы скоростей облака и горячего газа и гравитационные силы.

Поскольку оптическая толщина в линиях зависит от модуля градиента скорости $|dV/dr|$,

$$\tau_i = k_i \rho V_t / |dV/dr|, \quad (2)$$

где k_i , ρ и V_t – соответственно, коэффициент поглощения, плотность и тепловая скорость, то сила давления излучения в системе движущихся облаков также зависит от $|dV/dr|$ при больших τ_i :

$$f_i = S/c \sum F_i k_i [1 - \exp(-\tau_i)] / \tau_i, \quad (3)$$

где S , c и F_i – соответственно, площадь облака, скорость света и плотность потока излучения на частоте v_i .

Отсюда следует возможность развития нелинейного процесса: уменьшение градиента скорости облаков приводит к росту τ_i и падению силы f_i (3), что ведет к дальнейшему падению ускорения. Скорость будет сохранять постоянное значение или уменьшаться, пока сумма силы трения и давление в континууме не изменит знак, что вновь приведет к ускорению облаков. При этом

скорость облаков показывает характерную «ступенчатую» структуру, что проявляется в упорядоченном наборе узких линий в спектре АЯГ.

Согласно нашим расчетам, нелинейный процесс развивается лишь в достаточно узком диапазоне параметров облаков и горячего газа. При малом поглощении спектр не изменяется, при большом – в нем преобладают однородные ШАЛ. Модель АЯГ определяется несколькими десятками параметров, поэтому особый интерес представляет выделение ключевых характеристик, от которых зависит спектр АЯГ.

Для одиночной сильной линии важной характеристикой является геометрический параметр перекрытия облаков на характерной «Соболевской длине»:

$$\text{geom_Sob} = \text{Nobl} * w^2 * L_s, \quad (4)$$

где «Соболевская длина» $L_s = VT/(dV/dr)$, Nobl – число облаков в единице объема, w – характерный размер облака.

Для такой одиночной линии самопоглощение начинается при значениях geom_Sob порядка 1.

В реальности, однако, существенный вклад в динамику облаков дают десятки и даже сотни линий одновременно, и картина получается заметно более сложная.

Пример расчета geom_Sob для QSO 1303+308 приведен на рис. 1

Видно, что при малых потоках облаков (нижняя кривая) geom_Sob колеблется около некоторого среднего значения (эти колебания обусловлены как технической процедурой расчетов, так и особенностями реального спектра). Похожий характер носит и верхняя кривая (большой поток облаков, постоянное сильное поглощение). Однако при geom_Sob порядка 1 поведение кривой отражает развитие нелинейного процесса: ускорение облаков (отклонение кривой вниз) с дальнейшим нарастанием поглощения и уменьшением скорости (горизонтальные участки). Таким образом, определяемый в ходе расчетов параметр geom_Sob характеризует общий вид спектра поглощения АЯГ.

Заключение

Наша модель показывает, что самопоглощение в двухфазной среде в целом объясняет явление ступенчатой структуры скорости «холодных облаков». Возможность развития самопоглощения и вид спектра характеризуется параметром перекрытия облаков на характерной «Соболевской длине».

Работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351

ЛИТЕРАТУРА

1. Lynds C.R. A Quasi-Stellar Source with a Rapidly Expanding Envelope // *Astrophys.J.* 1967, V.147, P.396
2. Weymann R., Foltz C. Introductory review - Quasars with broad absorption systems// IN: Quasars and gravitational lenses; Proceedings of the Twenty-fourth Liege International Astrophysical Colloquium, Cointe-Ougree, Belgium, June 21-24, 1983 (A85-13301 03-90). Cointe-Ougree, Belgium, Universite de Liege, 1983, p. 538-555.

3. Stocke, J.T., Shull, M., Granados, A. F., Sachs, E. R. Satellite emission features in two Seyfert galaxies: New evidence that radio-quiet AGN possess subrelativistic winds // *Astron. J.* 1994. V.108, p. 1178-1185

4. Lira, P., Lawrence, A., O'Brien, P., Johnson, R. A., Terlevich, R., Bannister, N. Optical and X-ray variability in the least luminous active galactic nucleus, NGC 4395 // *MNRAS* 1999 V.305, P.109-124

5. Murray N. and Chiang J. Photoionization of Disk Winds // *Astrophys.J.* 1998. V.494. P. 125

6. Proga D., Stone J.M., and Kallman T.R. Dynamics of Line-driven Disk Winds in Active Galactic Nuclei // *Astrophys.J.* 2000. V.543. P.686

7. Arav N., Li Zhi-Yun The role of radiative acceleration in outflows from broad absorption line QSOs. 1: Comparison with O star winds // *Astrophys.J.* 1994 V.497 P.700

8. Arav N., and Begelman M. Modeling the double-trough structure observed in broad absorption line QSOs using radiative acceleration *ApJ* 1994, V.434, P.479

9. Вильковиский Э.Я. Динамика газовых облаков в активных ядрах галактик// Астрон. Ж. 1988. Т.65, с.710-715

10. Vilkoviskij E. Y., and Nosov I. V. The BAL QSO Theory // 1994, in «QSO Absorption Lines» ed. by Meylan G., p.241

11. Вильковиский Э.Я., Карпова О.Г. и Носов И.В. Теория квазаров с широкими линиями поглощения // 1996, Астрономический Журн. 73, 341

12. Vilkoviskij E. Y., Efimov S.N., Karpova O.G., & Pavlova L.A. The Interacting Subsystems Theory. I. The BALQSO theory // 1999, *MNRAS* 309, 80

Резюме

Ғаламның активті ядролардың озу затының теориясы бойынша көң жұтылу сызықтарымен квазарлардың лайн-локинг эффектін болуына критерийлер алынды. Ғаламның активті ядролардың жұтылу спектрінің қалыптасуына бұлттардың басып озуының геометриялық факторының маңызы бағаланды.

Summary

On the base of the theory of matter outflow in Active Galactic Nuclei the criteria of line-locking effect appearance in QSO with broad absorption lines are derived. The role of clouds overlapping geometric factor in AGN absorption spectrum forming was estimated.

*Астрофизический институт
им. В.Г.Фесенкова АО «НЦКИТ»*

Поступила 29 апреля 2009 г.