

УДК 524.8

Э. Я. ВИЛЬКОВИСКИЙ, С. Н. ЕФИМОВ

ИОНИЗАЦИЯ И ЛУЧИСТОЕ ДАВЛЕНИЕ В АКТИВНЫХ ЯДРАХ ГАЛАКТИК

Рассмотрены факторы, воздействующие на ионизацию газовых облаков, служащих причиной линий поглощения в активных ядрах галактик. Показан существенный вклад эмиссионных линий в области далекого ультрафиолета в ионизацию облаков.

Первым указанием на истечение вещества из активных ядер галактик (АЯГ) помимо радиоджетов были широкие линии поглощения (ШАЛ), наблюдаемые в спектрах далеких квазаров (КЗО) [1,2]. При красном смещении $z \sim 2$ сильные резонансные линии ионов CIV, SiIV, NV и линия L-альфа водорода смещаются в видимый диапазон спектра и могут наблюдаться наземными телескопами. В конце XX в. начали работать крупные орбитальные телескопы нового поколения, позволившие наблюдать линии поглощения в близких активных ядрах галактик 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 наблюдаемое 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.

В АФИФ 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 [9,10]. Расчеты спектров поглощения, основанные на этой модели, качественно объясняют основные особенности наблюдаемых спектров. Однако, поскольку новые средства наблюдений делают доступным больший спектральный диапазон с лучшим спектральным разрешением, интерпретация наблюдатель-

ных данных требует адекватного увеличения точности расчетных моделей. С этой целью нами было существенно увеличено (со 100 до ~ 400) число спектральных линий, учитываемых в модели, и увеличена точность процедуры расчета ионизационного баланса в плазме облаков. Весьма серьезным препятствием между тем остаются неопределенности выбора самого спектра ионизирующей радиации, так как в наблюдаемых спектрах остаются большие «белые пятна», т. е. участки спектра, практически полностью поглощенные в атмосфере активного ядра, либо в нашей Галактике.

Эта трудность усугубляется тем обстоятельством, что модели для расчета интенсивности эмиссионных линий АЯГ, способных давать добавочный вклад в ионизацию, также не существуют. Поэтому для более точного выбора исходного спектра нами было предпринято тестирование модели с различными вариантами входного спектра и разными вкладами эмиссионных линий в этот спектр на примере расчетов спектра квазара Q1303+308. Этот спектр отличается устойчивой системой узких деталей в линиях поглощения, смещенных в синее крыло линии [11,12]. На сегодня общепринятого объяснения этого феномена нет; в нашей модели наблюдаемая система узких линий поглощения естественно объясняется возникновением «ступенчатой» структуры скорости облаков вследствие нелинейности динамики двухфазной среды в поле излучения (рис. 1)

Скорость движения облака зависит от суммы трех основных сил: гравитации, давления излучения в континууме и линиях и силы трения между облаком и горячим газом. Характер ШАЛ определяет лучистое давление. Давление излучения зависит от падающего спектра, состояния ионизации вещества и других условий (плотность,

Рис.1. «Ступенчатый» ход скорости в ШАЛ КЗО (расчеты для Q1303+308)

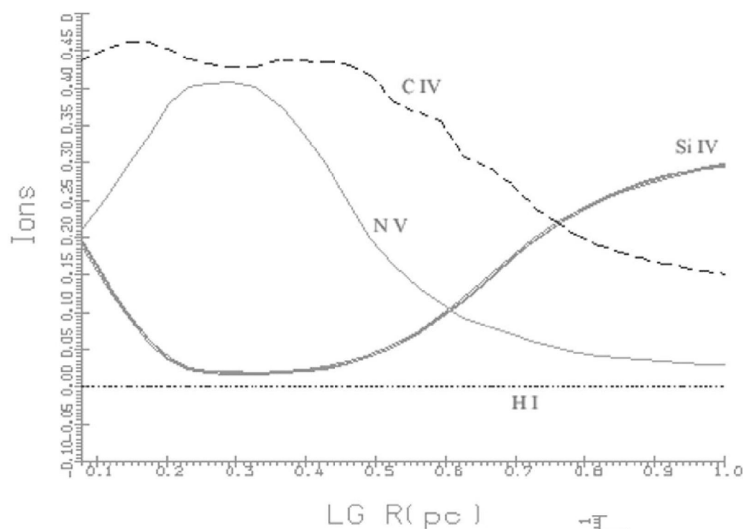
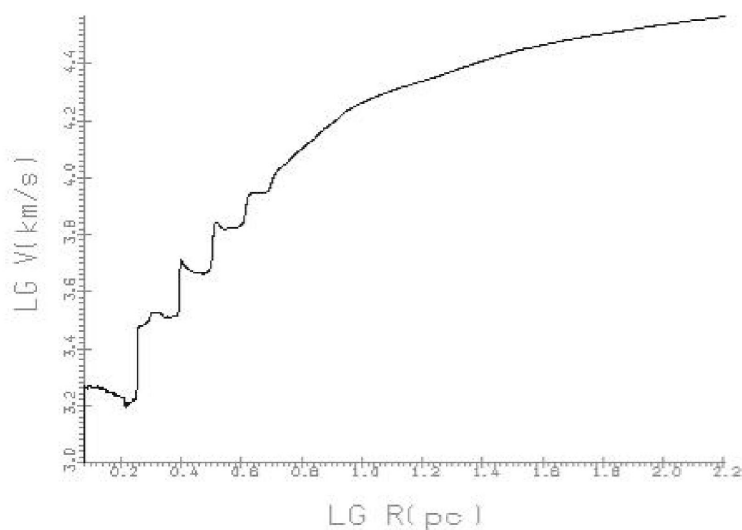
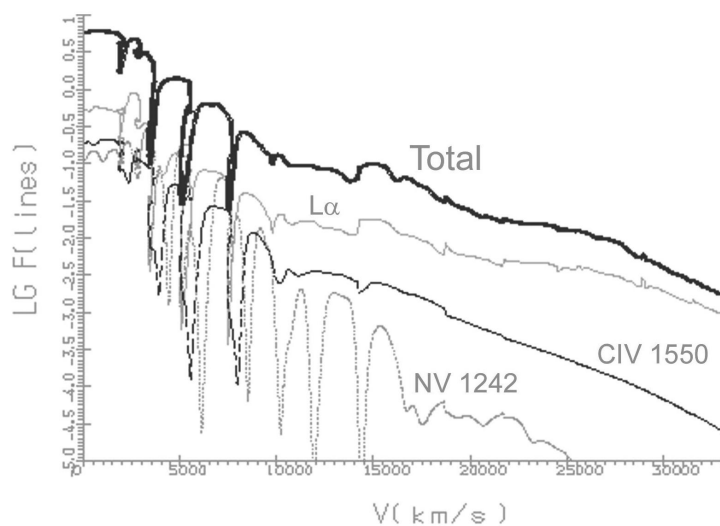


Рис.2. Изменение ионизации в «холодных» облаках в зависимости от расстояния (для ионов, дающих основные наблюдаемые UV линии)

Рис.3. Вклад лучистого давления в некоторых линиях в полное (Total) лучистое давление



турбулентность и т.д.). Однако зависимость динамики облаков от формы исходного спектра АЯГ до сих пор не была исследована.

Для определения этой зависимости нами были выполнены модельные расчеты динамики

плазмы и спектров поглощения квазара Q1303+308 с различными предположениями о форме входного спектра.

Изменение ионизации в «холодных» облаках представлено на рис. 2, вклад основных наблю-

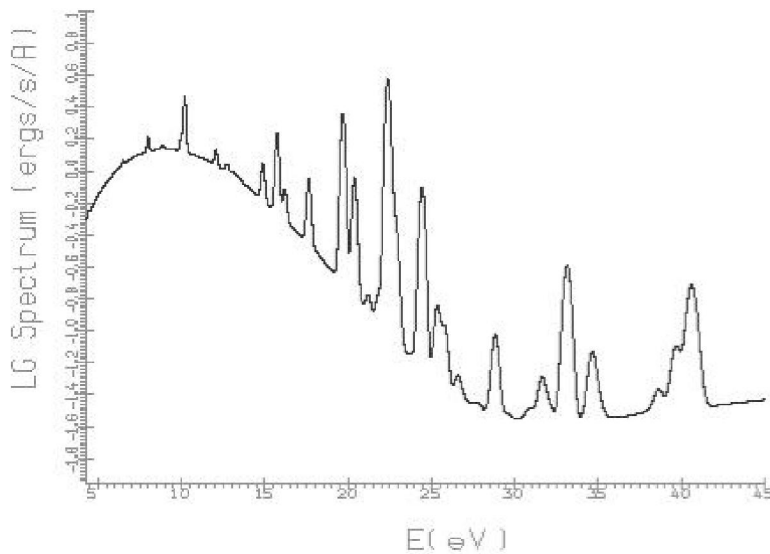
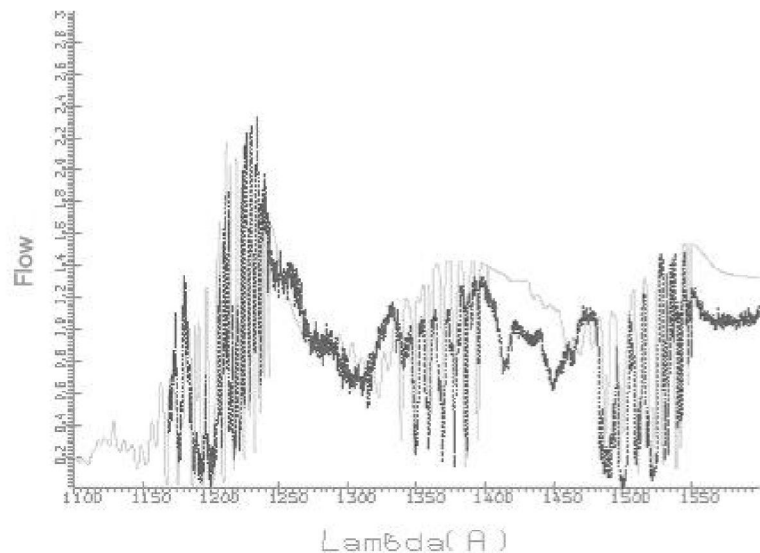


Рис.4. Предполагаемый вид линейчатого спектра квазара в далекой UV области

Рис.5. Расчетный (серая линия) и наблюдаемый спектр квазара Q1303+308



даемых линий в лучистое давление – на рис. 3, предполагаемый вид спектра центрального источника – на рис. 4. Видно, что эмиссионные линии играют существенную роль в ненаблюдаемом диапазоне $E > 13,6$ эВ. Занижение их вклада или добавка вместо линий чернотельного континуума приводит к худшей сходимости расчетного и наблюдаемого спектра.

Сопоставление рассчитанного и наблюдаемого спектра квазара Q1303+308 представлено на рис. 5. Видно, что при использовании в модельных расчетах входного спектра, показанного на рис. 4, наблюдаемые узкие детали поглощения в ультрафиолетовом спектре этого объекта достаточно хорошо воспроизводятся.

Наши расчеты показывают, что при типичных для квазаров светимостях порядка 10^{46} эрг/с как

ионизация, так и динамика облаков существенно зависит от вида исходного спектра АЯГ и, в частности, от формы спектра в ненаблюдаемом диапазоне.

Настоящая работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351, при поддержке гранта CRDF P2-2555-AL-03.

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 // *Astrophys. J.* 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 // *QSO Absorption Lines* / by Meylan G. 1994. P. 241.

11. *Foltz C.B., Weymann R.A., Morris S.L., Turnshek D.A.* The complex absorption spectrum of BAL QSO 1303+308// *Astrophys.J.* 1987. V. 317. P. 450-459.

12. *Vilkoviskij E. Y., Irwin M. J.* The spectrum of BAL QSO Q1303+308: intrinsic variability and line-locking stability // *MNRAS.* 2001. V.321. P.4.

Резюме

Галамның белсенді ядроларындағы жұтылу сызықтарының себебін пайдаға асыруға газды бұлттардың иондануына әсер етушінің факторлары қарастырылады. Бұлттардың иондануына алыс ультракүлгін аймағындағы эмиссиялық сызықтардың қосқан маңызды үлесі көрсетілген.

Summary

The factors influenced to the gas cloud ionization, which serves as the reason of the absorption lines in AGNs, are considered. We have shown the essential income of the emission lines in the far UV region to ionization of the clouds.

*Астрофизический институт
им. В.Г.Фесенкова МОН РК,
г. Алматы*

Поступила 28.04.06 г.