



ISSN 1607–2855

Том 7 • № 1 • 2011 С. 114 – 116

УДК 524.7

Рентгенівське випромінення галактик з емісійними лініями

А.В. Тугай, А.А. Василенко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Створена вибірка 315 галактик SDSS, які зафіксовані як рентгенівські джерела у каталозі 2XMM. На основі розподілу відносних інтенсивностей емісійних ліній NII [6583] та OIII [5007] об'єкти вибірки розділені на галактики зі спалахами зореутворення і галактики з активними ядрами. Побудовані розподіли рентгенівських світностей галактик.

РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ГАЛАКТИК С ЭМИССИОННЫМИ ЛИНИЯМИ, Тугай А.В., Василенко А.А. — Создана выборка 315 галактик SDSS, зарегистрированных как рентгеновские источники в каталоге 2XMM. На основе распределения относительных интенсивностей эмиссионных линий NII [6583] и OIII [5007] объекты выборки разделены на галактики со вспышками звездообразования и галактики с активными ядрами. Построены распределения рентгеновских светимостей галактик.

X-RAY EMISSION OF GALAXIES WITH EMISSION LINES, by Tugay A.V., Vasylenko A.A. — We built new sample of 315 SDSS galaxies which were detected as X-ray sources in 2XMM catalog. On the basis of distribution of relative intensities of emission lines NII [6583] and OIII [5007] we divided objects of the sample into starburst galaxies and galaxies with active nuclei. Also we found distributions of X-ray luminosities of these galaxies.

Ключевые слова: рентгеновское излучение галактик; интенсивность эмиссионных линий.

Key words: X-ray emission of galaxies; intensity of emission lines.

1. ВСТУП

В основі класифікації астрономічних джерел часто використовуються ті чи інші характеристики спектру: колор-індекси, показник степеневого спектру для нетеплових джерел, параметри спектральних ліній. Можливості використання інтенсивностей різних емісійних ліній для класифікації галактик вперше детально були розглянуті у роботі [3]. В наш час найбільший однорідний масив спостережень позагалактичних об'єктів створений у рамках Слоанівського цифрового огляду неба (SDSS). Огляд охоплює близько 40% небесної сфери у північній галактичній півкулі і 3 вузькі приєкваторіальні смужки [2]. В огляді було автоматично задетектовано близько мільйона позагалактичних об'єктів. У роботі Г.Кауффманн та ін. [5] для класифікації галактик SDSS були використані інтенсивності ліній NII [6583] та OIII [5007], розділені на інтенсивності найближчих до них бальмерівських ліній $H\alpha$ і $H\beta$. В [5] було запропоновано емпіричне співвідношення між інтенсивностями цих ліній, за допомогою якого можна розділити всі галактики з емісійними лініями на галактики з спалахами зореутворення і галактики з активними ядрами. Обидва ці явища повинні супроводжуватись рентгенівським випроміненням. У даній роботі ми використали найбільший на сьогодні каталог рентгенівських джерел 2XMM щоб скласти список галактик SDSS з рентгенівським випроміненням. Для цих галактик ми побудували розподіл інтенсивностей оптичних емісійних ліній, такий же, як і в [5]. В майбутніх роботах оптичне і рентгенівське випромінення галактик SDSS буде розглянуто більш детально.

2. ОТОТОЖНЕННЯ ГАЛАКТИК SDSS З РЕНТГЕНІВСЬКИМИ ДЖЕРЕЛАМИ КАТАЛОГУ 2XMM

В остаточному, сьомому випуску SDSS міститься 924938 спектрів, ототожнених автоматично як спектри галактик. Серед них часто зустрічаються повторні спектри областей з однаковими координатами і масиви спектрів різних ділянок галактик зі значними кутовими розмірами (Зокрема, з різних ділянок галактики M101 знято більше 60 спектрів). Крім того, у SDSS зустрічаються помилкові автоматичні ототожнення об'єктів інших типів як галактик. Тому загальна кількість галактик SDSS зі спектрами буде дещо меншою. В [5] розглядалася вибірка 55757 галактик з першого випуску даних SDSS [1], у яких відношення сигнал-шум для ліній [NII] $\lambda 6583$, $H\alpha$, [OIII] $\lambda 5007$ і $H\beta$ було більше 3.

Космічна рентгенівська обсерваторія XMM-Newton проводить спостереження з 2000 року. На її борту розташовані 3 рентгенівські камери, які працюють у діапазоні 150 eV — 15 keV. На основі архіву спостережень XMM-Newton створюються автоматичні каталоги, які на даний час є найповнішими каталогами рентгенівських джерел. В цих каталогах наводяться координати цих джерел, рентгенівські потоки у різних діапазонах, попередні зображення, криві блиску і спектри, допоміжна інформація. У

даній роботі ми використали другий випуск каталогу 2XMM, розміщений у 2008 році за адресою <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?source=IX%2F40>. В цьому каталозі наводяться відомості про 221012 рентгенівських джерел.

Ми провели ототожнення галактик SDSS з рентгенівськими джерелами каталогу 2XMM. Піксел камери ХММ має кутовий розмір приблизно $7''$, а дифракційна картина яскравих рентгенівських джерел може мати розмір порядку кутової хвилини. Тому ми склали списки ототожнень спостережень SDSS і об'єктів 2XMM з кутовою відстанню до $7''$ і до 2 хвилин. У першому списку виявилось 1782, а у другому — 31881. Більшість співпадінь другого списку помилкові, тобто рентгенівське джерело лежить за межами оптичного зображення галактики. Мала частина галактик має кутовий розмір більше 2 хвилин. Можливі не враховані спостереження рентгенівського джерела на одному краю протяжної галактики і оптичного спектру на іншому її краю нас не цікавлять. З врахуванням зазначених зауважень ми опрацювали отримані списки ототожнень з метою створити повну вибірку галактик з оптичними і рентгенівськими спектрами.

Розглянувши списки ототожнень оптичних і рентгенівських джерел, ми склали список галактик, для яких виконуються наступні умови:

1) Отриманий хоча б один оптичний спектр SDSS

2) В спектрі є сильні емісійні лінії кисню і азоту. Відповідно до [5] ми вибрали галактики, у яких відношення інтенсивності ліній $[NII] \lambda 6583$, $H\alpha$, $[OIII] \lambda 5007$ і $H\beta$ до похибки (відношення сигнал-шум) було більше 3. Серед 31881 ототожнень спостережень галактик SDSS з джерелами 2XMM виявилось 12850 співпадінь з кутовою відстанню до 2 хвилин між рентгенівським джерелом і галактикою з яскравими емісійними лініями.

3) В межах оптичного зображення галактики розташоване рентгенівське джерело 2XMM. Щоб перевірити цю умову ми переглянули за допомогою навігаційної панелі SDSS Sky Server (<http://cas.sdss.org/dr7/en/tools/chart/navi.asp>) ділянки неба, що відповідають всім 12850 співпадинням, вибраним за умовою 2. Так ми відкинули велику кількість помилкових співпадінь малих (у кутовому вимірі) галактик зі сторонніми рентгенівськими джерелами, але зберегли всі протяжні галактики з даними і в оптичному і в рентгенівському діапазонах. Малі (в тому числі зореподобні за зображеннями) галактики складають більшість і можуть бути використані у подальших роботах для статистичних досліджень зв'язків оптичного і рентгенівського випромінювання. Невелика кількість знайдених протяжних галактик цікава для вивчення внутрішньої структури галактик за оптичними і рентгенівськими зображеннями.

Остаточний список галактик з емісійними лініями, що випромінюють в рентгені налічує всього 315 об'єктів. Більшість з них мають кутову відстань між рентгенівським джерелом і центром оптичного

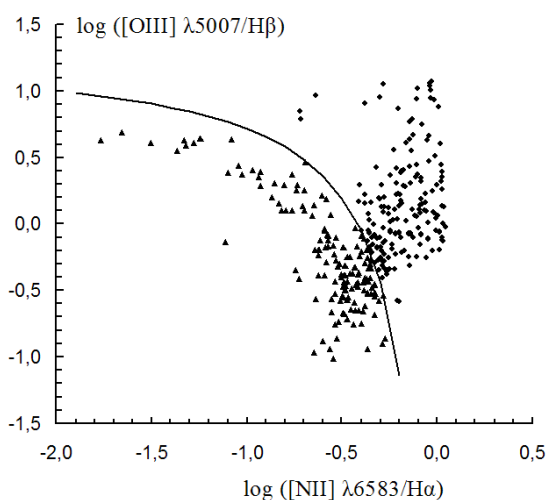


Рис. 1. Відносні інтенсивності емісійних ліній галактик SDSS з рентгенівським випромінюванням. По осі абсцис відкладений десятиковий логарифм відношення інтенсивностей потоків у лініях $[NII] \lambda 6583$ і $H\alpha$; по осі ординат — те ж для ліній $[OIII] \lambda 5007$ і $H\beta$. Суцільна лінія відображає емпіричне співвідношення, запропоноване у [3] для розрізнення галактик з спалахами зореутворення (трикутники під кривою, 148 штук) і галактик з активними ядрами (кружки над кривою, 167 штук). У всіх 315 галактик відношення сигнал-шум для 4 вказаних ліній більше 3.

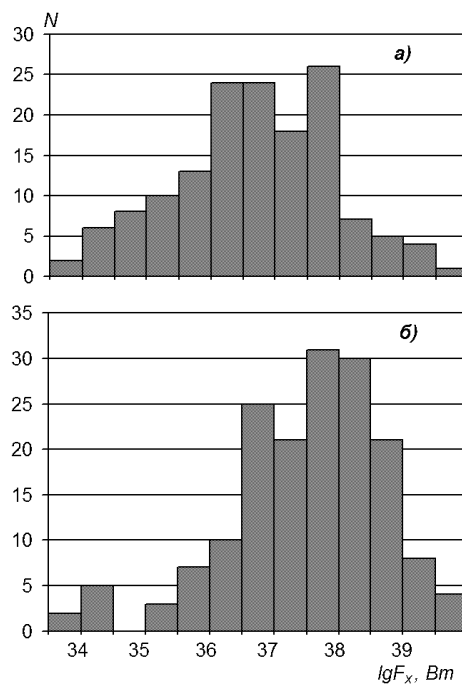


Рис. 2. Розподіли рентгенівських світностей галактик згідно даних каталогу 2XMM: а) галактики зі спалахами зореутворення; б) галактики з активними ядрами.

зображення до 7'' (перший список ототожнень), тобто відповідають галактикам з малими кутовими розмірами або з активними ядрами. 124 галактики мають відповідну відстань більше 7''. В одній частині з них може бути протяжне ядро, яке яскраво випромінює в рентгені, а в інших рентгенівське випромінення утворюється в диску.

3. ВЛАСТИВОСТІ ГАЛАКТИК З РЕНТГЕНІВСЬКИМ ВИПРОМІНЕННЯМ

Ми побудували розподіл відносних інтенсивностей ліній азоту і кисню і розділили вибірку на дві згідно емпіричного співвідношення Г.Кауффманн (рис. 1). Нижче кривої розташовані 148 галактик, серед яких є відомі галактики з активним зореутворенням. Зореутворення може викликатися взаємодією з сусідньою галактикою (NGC4631), або внутрішніми причинами (I Zw 18). Галактики з найсильнішими спалахами зореутворення розташовані з лівого краю графіка. На рентгенівських зображеннях цих галактик у 2ХММ виділяються 2 випадки, у яких рентгенівське випромінення утворюється не в зореподібному ядрі. Якщо галактика карликова і неправильна, як наприклад I Zw 18, вона вся може випромінювати в рентгені. З цього можна зробити висновок, що галактика переживає спалах зореутворення. Якщо галактика велика (при цьому вона відноситься до спірального морфологічного типу), в ній можуть бути області активного зореутворення, що за розміром відповідають карликовим галактикам. Очевидно, не всі рентгенівські джерела в диску спіральної галактики повинні бути областями зореутворення, так само як і не всі області зореутворення, виявлені в оптичному діапазоні, повинні реєструватися як рентгенівські джерела. Так на основі спостережень ХММ у диску M101 було виявлено 14 рентгенівських джерел [4]. Крім областей зореутворення серед них є і одиночні об'єкти зоряного походження: залишки наднових і тісні подвійні системи з акрецією на нейтронну зорю або чорну діру.

У правій частині графіка, згідно [5], розташовані сейфертівські галактики, а у нижній — лайнери. Показово, що у галактик під кривою, які ми можемо вважати галактиками з активним зореутворенням, відстань від рентгенівського джерела до оптичного центра більше 7'' у 93 галактик, тобто у більшій частині. Над кривою тільки 31 галактика з 167 має таке перевищення.

Ми побудували розподіли знайдених галактик по рентгенівським світностям (рис. 2). Для цього ми використали оцінки червоних зміщень, наведені у архіві SDSS і припустили лінійний зв'язок червоного зміщення і відстані, значення сталої Хаббла $H = 70$ км/с/Мпк і відсутність поглинання у рентгенівському діапазоні. З наведених гістограм видно, що світності галактик з активними ядрами в середньому суттєво більші.

4. ВИСНОВОК

Ми склали список галактик з сильними емісійними лініями азоту і кисню, від яких реєструється рентгенівське випромінення. Поділ джерел на області зореутворення і активні ядра галактик за допомогою емпіричного співвідношення Г.Кауффманн дає коректні розподіли рентгенівських світностей класифікованих об'єктів. В наступних роботах ми плануємо продовжити дослідження зв'язків оптичного і рентгенівського випромінення для вибраних нами 315 галактик.

Подяки. Автори дякують Л.С.Пілюгину і Б.І.Гнатику за наукові консультації і участь у постановці задачі, а також І.А.Зінченко за електронний список галактик SDSS з вказаними інтенсивностями оптичних ліній, червоними зміщеннями і іншими необхідними параметрами. Дана робота виконана на Віртуальній рентгенівській і гамма-обсерваторії VIRGO.UA, яка працює за підтримки ISDC Data Centre for Astrophysics (Швейцарія).

1. Abazajian K.N., Adelman-McCarthy J.K., Agueros M.A. The First Data Release of the Sloan Digital Sky Survey // A.J. — 2003. — **126**. — P. 2081–2086.
2. Abazajian K.N., Adelman-McCarthy J.K., Agueros M.A. The Seventh Data Release of the Sloan Digital Sky Survey // Ap.J.S. — 2009. — **182**. — P. 543–558.
3. Baldwin J., Phillips M., Terlevich R. Classification parameters for the emission-line spectra of extragalactic objects // PASP. — 1981. — **93**. — P. 5–19.
4. Jenkins L.P., Roberts T.P., Warwick R.S., et al. An XMM-Newton view of M101 — I. The luminous X-ray source population // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. — 2004. — **349**. — P. 404–424.
5. Kauffmann G., Heckman T.M., Tremonti C., et al. The host galaxies of active galactic nuclei // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. — 2003. — **346**. — P. 1055–1077.

Надійшла до редакції 4.08.2010