

Научни приноси
на
д-р Люба Славчева-Михова
гл. ас. в Институт по Астрономия с НАО, БАН

Научните ми интереси са в областта на извънгактичната астрономия, по-специално изследване на галактики, механизми на захранване и параметри на активните галактични ядра (АГЯ).

Научната ми работа се базира на наблюдения, извършени на 2-m телескоп и 50/70-cm Schmidt телескоп на НАО Рожен и на данни от следните архиви и бази данни: the SED Builder at the Italian Space Agency Science Data Center (ASDC SED Builder); Canada France Hawaii Telescope (CFHT); Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO); Digitized Sky Surveys at the Space Telescope Science Institute (DSS at STSI); European Southern Observatory (ESO) Telescopes at La Silla or Paranal; ESO-Uppsala Survey; Hubble Space Telescope (HST); Isaac Newton Telescope (INT); Jacobus Kapteyn Telescope (JKT); NASA/IPAC Extragalactic Database (NED); New Technology Telescope (NTT); Sloan Digital Sky Survey (SDSS); Two Micron All Sky Survey (2MASS); Very Large Telescope (VLT); William Herschel Telescope (WHT).

Основните резултати и приноси са групирани в следните направления:

1. Изследване на строежа и параметрите на галактики

- Получен е хомогенен набор от глобални параметри (елиптичност, позиционен ъгъл, наклон и пълна звездна величина) и изофотни параметри (голяма полуос и цветни индекси на $24 V \text{ mag arcsec}^{-2}$) на извадка активни галактики на базата на повърхностна фотометрия [I.5; I.13; II.13; II.16; II.17; II.20]. Глобалните параметрите са определени по еднотипен начин в областта, доминирана от галактичния диск, и в много случаи са резултат от тегловно усреднените стойности в различни епохи (с изключение на звездните величини с цел за да се запазят евентуалните разлики, дължащи се на ядрена променливост). Приложени са корекции за Галактично поглъщане, наклон, вътрешно поглъщане, космологично отслабване, както и K и E -поправки. Намерени са средно медианните стойности на изофотните параметри за извадката. Подизвадката с външни пръстени показва по-сини цветни индекси в сравнение с допълващата я подизвадка на ниво повече от 95%. Това е очаквано, тъй като външните пръстени, принципно сини, обикновено са разположени в близост до $24 V \text{ mag arcsec}^{-2}$ изофота. Няма ясно изразена корелация между цветните индекси и наличието на останалите особености.
- Намерен е набор от параметри на бара: елиптичност, позиционен ъгъл, дължина и сила, като е приложена корекция за наклона на галактиката [I.4; II.2]. За оценка на дължината на бара приемаме голямата полуос, съответстваща на намаление на елиптичността с 15% от максималната ѝ стойност. Този метод се базира на връзката между поведението на профилите и последната стабилна орбита от т.нар. x_1 семейство на бара. Така определената дължина на бара показва силна корелация с най-обективна и възпроизводима сред оценките на дължини – голямата полуос, съответстваща на максимума на елиптичността, която, обаче, подценява истинската стойност и не е свързана с никоя динамична характеристика на бара. Намерената корелация позволява

надеждна оценка на дължината на бара въз основа на анализ на профилите. Силата на бара зависи основно от елиптичността и масата на бара, както и от централното силово поле като елиптичността на бара може да се ползва за първо приближение на неговата сила. Медианните стойности на елиптичността, дължина и относителна дължина на бара са 0.39, 5.44 крс и 0.44, съответно. Дължина на бара корелира с коригираната голяма полуос на галактиката на $24 V \text{ mag arcsec}^{-2}$, а относителна дължина и елиптичност на бара не показват ясна корелация. Представени са и глобалните елиптичности и депроектираните елиптичности на бара на извадката неактивни галактики. В обобщение, определени са параметри на повече от 70 галактики, както активни, така и неактивни [I.4; II.2; II.16].

- На базата на декомпозиция на профилите на повърхностна яркост са получени параметрите на структурните компоненти на избрани Сийфъртови галактики [II.12; II.14].
- Получени са фотометрични и морфологични параметри на 992 слаби галактики в направление на празнината 0049+05. Използван е клъстърен анализ за морфологична класификация на галактиките [II.10].

2. Захранване на ядрената активност и връзката “активни галактични ядра – родителска галактика”

- Фактът, че в централните области на повечето галактики, има свръхмасивни черни дупки, поставя въпроса кое прави галактиките активни и какви механизми пренасят газ до ядрата им, където да послужи за гориво. В контекста на захранване на ядрената активност и на адекватната структурна декомпозиция, на извадка от 35 Сийфъртови галактики е построена контролна извадка от неактивни галактики с идентични стойности на морфологичен тип (индекс на Хъбъл), радиална скорост, абсолютна звездна величина в B филтър и наклон.

Извършена е повърхностна фотометрия [I.5; I.13; II.13; II.17]; конструирани са контурни карти, $BVRcIc$ профили на повърхностна яркост, елиптичност, позиционен ъгъл и цветни показатели, както и цветни изображения, различни видове остатъчни изображения и структурни карти [I.5]. Анализът на тези данни за всяка галактика поотделно доведе до уточняване на морфологичния тип и до разкриване на нови структури в част от галактиките, като барове, овали/леци, пръстени и образувания от евентуален приливен произход и дискутиране на структури с противоречива морфология [I.5; II.6]. На базата на така извършената подробна морфологична характеристика и на анализ на локалното обкръжение на галактиките от двете извадки са анализирани индикациите за наличие на осевоасиметрични пертурбации на гравитационния потенциал. Намерени са подобни дялове барове в Сийфъртовата, $(49 \pm 8)\%$, и контролната, $(46 \pm 8)\%$, извадка, като баровете на активните галактиките са по-слаби от тези на контролните със съответните медианни стойности на депроектираните елиптичности 0.39 и 0.49 при 95% доверително ниво. По-слабите барове в Сийфъртовите галактиките могат да са свързани с докладваните по-големи количества студен газ в дисковете им в контекста на пренос на ъглов момент. Не се наблюдават значими разлики в дължината на бара (както абсолютна, така и отнесена към галактичния диаметър) за двете извадки [II.2].

Честотата на срещане на пръстени в Сийфъртовата и контролната извадка е подобна – $(49 \pm 8)\%$ и $(54 \pm 8)\%$, съответно. В рамките на проектирано разстояние от пет

галактични диаметра и разлика в абсолютните радиални скорости от 600 km s^{-1} практически равни части от Сийфъртовата, $(44 \pm 9)\%$, и контролната, $(43 \pm 8)\%$, извадка имат поне един близък физически спътник. Не наблюдаваме корелация между наличието на асиметрии и спътници и за двете извадки; сливанията с по-малки галактики, поне когато не са съпътствани от спътници, не се срещат в Сийфъртовата извадка по-често, отколкото в контролната. Можем да обобщим, че преобладаващата част от двете извадки, $(91 \pm 5)\%$ от Сийфъртовата и $(94 \pm 4)\%$ от контролната, имат барове, пръстени, асиметрии или близки спътници и в частност подобни части от Сийфъртовата, $(86 \pm 6)\%$, и контролната $(83 \pm 6)\%$, извадка показват морфологични признаци за осевоасиметрични пертурбации на потенциала. Налага се заключението, че захранването на нискосветимите активни ядра най-вероятно не е директно свързано с морфологията на галактични скали и локалното обкръжение на родителските им галактики [I.5].

- В изследване на околядрените области на извадка от Сийфъртови галактики на базата на архивни изображения от HST са разкрити ядрени структури, които биха могли да редуцират ъгловия момент на газа и, съответно, имат отношение към захранване на ядрото [I.5; III.4].
- Компилирана е извадка от 272 активни галактики от базата данни от SDSS с определени параметри на активното ядро, като светимост в емисионни линии, маса на черната дупка, радиосила, и параметри на родителската галактика, напр. морфологичен тип, цвят, абсолютна звездна величина, голяма полуос. Наблюдавана е слаба корелация между отделни двойки параметри. С използването на редуцирана извадка от 94 галактики е направен изводът, че типът Сийфърт активност на ядрото не зависи от типа на Хъбъл на родителската галактика, което може да се тълкува в полза на т.нар. Обединен модел [III.2].

3. Променливост на АГЯ

- Извършен е дълговременен (в рамките на години) мониторинг на различни класове АГЯ. Квазарите с висока светимост не показват значима променливост (напр. HS 1946+7658 [I.11]). Блазарите (радиосилни АГЯ с джетове, разположени в близост до лъча на зрение, което води до релятивистки усилено нетоплинно излъчване), от своя страна, показват амплитуди на променливост до няколко звездни величини (напр. 3C 345 [I.8]). За 3C 345 е показано, че почервенява, когато става по-ярък и при яркост над определен праг ($R \leq 15.5^m$) цветният индекс става почти независим от яркостта [I.8].
- Анализът на дълговременната променливост на двойния гравитационно фокусиран квазар 0957+561 позволи определяне времето на закъснение между промените в потока от двете изображения (430 ± 15 дни) и като следствие – параметъра на Хъбъл в зависимост от приетия модел за разпределение на масата в лещата. При модел “Softened power-law sphere” $H_0 = 68 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, а при модел “King-type surface density profile” $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ [I.9].
- Извършен е късовременен (в рамките на часове) мониторинг на различни класове АГЯ. За извадки от радиослаби квазари (1) с широки абсорбционни линии (BAL) и (2) подбрани по техния поток в рентгеновата/радио област е показана липсата на късовременна променливост (напр. PG 1552+085 [II.4], PG 0157+001 [II.3]). От друга страна, блазарите показват както липса на късовременна променливост [I.1; I.2; I.8;

II.1], така и значителна такава [I.1; I.2]. В късовременна времева скала са изследвани и Сийфъртови галактики [II.18].

- В резултат от сравнението на късо- и дълговременната променливост на блазарите 3C 345 и 3C 273 са получени данни в подкрепа на хипотезата, че при блазарите късовременната променливост корелира с дълговременната такава, а не с яркостта на обекта [I.8; II.1].

4. Вторични стандарти

Калибрирани са $UBVR_{CI}$ звездни величини на 49 звезди в площадки с размери 5'x5' на 10 активни галактики [I.7]. Звездните величини във V варират от 11.7^m до 18.2^m с медианна стойност 16.3^m, а цветният индекс ($B-V$) – от 0.4^m до 1.6^m с медианна стойност 0.8^m. В три от площадките са калибрирани звезди за сравнение за пръв път; общо калибрираните за пръв път звезди са 36. За звездите в останалите площадки са получени по-добри данни от вече публикуваните. В площадките на четири обекта са добавени нови звезди, повечето от които са по-слаби и разположени по-близо до съответната галактика от преди съществуващите. Величините на звездите в пет площадки са допълнени с данни в U . За блазара 3C 273 е компилиран сет звезди за сравнение на базата на осем публикувани калибровки [II.1]. Така калибрираните звезди за сравнение могат да се използват за привеждане на съответните активни галактики към стандартна фотометрична система и при мониторинг на активните ядра.

5. Спектрално изследване на АГЯ

- Извършен е анализ на спектрите на 4 Сийфъртови галактики от тип 1. Показано е, че профилът на емисионната линия H β , с изключение на централната ѝ област, добре се описва от логаритмичен закон. Асиметрията на профилите на забранените линии е интерпретирана като резултат от изтичане на вещество и поглъщане от прах [II.19].
- В резултат от спектрофотометрията на галактиката Ark 564 са определени редица параметри на областите на формиране на тесните и широки емисионни линии. В частност, масата на черната дупка е оценена на $5.2 \times 10^6 M_{\odot}$ [I.12].
- Извършена е адаптация на CCD камерата ST-6 за работа със спектрографа UAGS. По тестови спектри на Сийфъртовата галактика NGC 7469 е извършена декомпозиция на спектралната област около линията H α [II.15].
- Спектрална декомпозиция на района около линията H β е извършена и за две АГЯ подбрани по техния поток в рентгеновата/радио област и наблюдавани с 1.93-м телескоп на обсерваторията Haute-Provence [II.8].
- За пръв път спектрално е изследвана галактиката NPM1G –10.0586 ($m \sim 16.6^m$) по наблюдения с фокалния редуктор на НАО Рожен. Оценено е червеното ѝ отместване, $z = 0.03312 \pm 0.00023$, и е показано, че тя е емисионна галактика, физически спътник на Сийфъртовата галактика Mrk 509 [II.7].

6. Връзка между параметрите на акреционния диск и джета

Т. нар. Flat-spectrum radio-quasars (FSRQs) са подклас блазари. Направена е извадка от FSRQs с определена маса на черните дупки по вириалния метод и с добро покритие на разпределението на спектралната енергия (SEDs) от радио- до гама-областта. Разпределението на енергията се фитира с еднороден лептоноен модел с включени синхротронно и обратно Комптъново излъчване с отчитане приноса на областта на формиране на широки емисионни линии и тора и стандартен акреционен диск около Шварцшилдова черна дупка. Получени са оценки на параметрите на топлинните (т.е. маса на черната дупка и темп на акреция) и нетоплинни (сила на джета, т.нар. Комптъново отношение и т.н.) компоненти на FSRQs. Изследвани са отношенията между тези параметри в светлината на връзката „акреционен диск — джет“, включително в контекста на произхода на джета. Дискутирани са възможни тенденции в разпределенията на параметрите в рамките на подкласовете FSRQs. Анализирани са геометрията на областта на формиране на широките емисионни линии.

Резултатите са представени на конференция [III.3], доразвити по време на Краткосрочна научна мисия (STSM) към програмата COST и се подготвят за публикация.

7. Маси на черни дупки и геометрия на областта на формиране на широките емисионни линии

- За извадка от квазари (радиослаби, радиосилни и FSRQs) са определени масите на черните дупки с използването на две зависимости: “маса на черната дупка – светимост на бълджа” и “радиус на областа на формиране на широките емисионни линии – светимост на линиите” [III.1]. Сравняването на двете независими оценки на масата позволи определянето на т. нар. геометричен фактор f , който свързва скоростта на облаците в областта на формиране на широките емисионни линии с ширината на емисионните линии и е показателен за геометрията на областта. Получени са средни стойности за фактора f за всяка от извадките квазари. Направен е извод, че геометрията на областта на формиране на широките емисионни линии при FSRQs най-вероятно е дискова, а не сферична. Разгледан е детайлно обектът 3C 273.
- Изследвано е разпределението на масите на черните дупки на Сийфъртови ядра [I.10].

8. Изследване на Галактични обекти

Взела съм участие в изследването на следните Галактични обекти:

- изследване на фликеринга на симбиотичната повторно-нова RS Oph [I.6];
- търсене на екзопланети в разсеяния звезден куп Trumpler 37 [I.3];
- проверка за двойственост на видимо близките разсеяните звездни купове NGC 6755/NGC 6756 [II.11].

Забележка: В квадратни скоби са дадени номерата на публикациите от списъка с публикации.