

# Справка за научните приноси

от доц. д-р Бойко Михов

по конкурс за заемане на академична длъжност „професор“, обявен в ДВ бр. 39 от 27 май 2022 г., по тематика „Физика на квазарите“ за нуждите на отдел „Галактики и космология“ в Институт по астрономия с НАО

Научната ми дейност през изминалите години е изцяло свързана с наблюдателни и теоретични изследвания в областта на Извънгалактичната астрономия и по специално по темите физика на активните галактични ядра, строеж и еволюция на галактиките и астрофизически приложения на гравитационните лещи. В настоящата авторска справка съм представил научните си приноси по темата на конкурса, отразени в публикации (публ. 1, 36, ..., 62), които не повтарят представените за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ и за заемане на академичната длъжност „доцент“. Списъкът с публикации е допълнен и със списък на непубликувани постери, представени на астрономически форуми; тук ще отбележа, че в последните години все по рядко се издават сборници с трудове от научни форуми. Тези непубликувани постери са означени с буква „u“ пред съответния номер. За публикации 55 и 61 съм представил сертификат за авторски принос; в публикация 61 съм кореспондиращ автор.

Основните ми научни приноси за разглеждания период са свързани с изследване на квазарите и по специално на класа радио-шумни квазари, наречени блазари. Научният ми подход е детайлно изследване на индивидуални обекти, като използвам основно наблюдателен материал получен от мен с телескопите на Института; в

част от изследванията съм използвал архивни наблюдения, обработени от мен, и литературни източници.

## **1. PG 1553+113**

В серия от работи детайлно е изследвана променливостта на блазара PG 1553+113 на различни времеви мащаби (публ. 49, 61, 62, u05). Нашите наблюдения на времеви мащаби от порядъка на часове, т.нар. патрулни наблюдения, както и използването на подобни архивни наблюдения, ни позволиха да ограничим работния цикъл (duty cycle) на обекта в рамките на 10%-20%; общият брой нощи с използвани патрулни наблюдения е 75. Ниската стойност на работния цикъл означава слабо развита турбулентност в джета при положение, че интерпретираме часовата променливост (т.е. променливостта в рамките на часове) използвайки модела на турбулентен джет.

Построена е дългосрочната крива на блясъка на PG 1553+113 за периода 2005 г. – 2022 г. Показано е, че тази крива се състои от два компонента: дългосрочен и краткосрочен. За да се изследва краткосрочният компонент за първи път към този обект е приложена корекция на кривата на блясъка за дългосрочните промени при предположение, че последните са предизвикани от промени във фактора на Доплер. Намерено е, че промените на блясъка и на двата компонента показват статистически незначим хроматизъм, което означава, че тези промени най-вероятно са с геометричен произход. След корекцията, за първи път е регистрирана вторична периодичност за обекта с период от около 210 дни. Тази вторична периодичност е интерпретирана като следствие от спираловидно движение в джета и след провеждане на съответното числено моделиране са определени геометричните характеристики на това движение. Постоянното добавяне на нови наблюдения (предимно от автоматизирани системи за обзори, публ. u05) ни позволи да детектираме промяна в поведението на дългосрочната променливост: добре изразената периодичност, наблюдавана през първата половина на изследвания период, постепенно се заменя с квази-периодични/непериодични

промени. Този факт показва, че бъдещите интензивни наблюдения на този обект са желателни.

През април 2019 г., по време на избухване, PG 1553+113 достигна своя исторически максимум на яркостта. Показано е, че това избухване е със синхротронна природа – наблюдавани са типичните за процесите на ускорение и охлаждане на електроните хистерезис в посока на часовниковата стрелка на диаграмата „цвят-звездна величина“ и закъснение между кривите на блясъка във  $V$  и  $R$  филтри. Избухването бе фитирано с двойно-експоненциален закон. Използвайки параметрите на фита, както и определеното време на закъснение между промените във  $V$  и  $R$  филтри, магнитното поле в областта на избухването бе определено по два независими метода и е получено, че неговата стойност е по-малка от 0.1 Гауса. За същата област бяха определени фактора на Доплер (по-малък от 3), размера на областта и фактора на Лоренц за електроните, излъчващи в синхротронния пик.

## 2. 3C 279

На този обект са посветени две публикации (публ. 55, 60) като основно е разгледана часовата променливост на обекта (публ. 55). С използване на структурна функция детайлно са анализирани пет нощи с патрулни наблюдения и са определени съответните минимални времеви мащаби на променливост и като следствие – размера на излъчващите области. В рамките на модела на турбулентен джет най-малкият размер е интерпретиран като мащаба на Колмогоров за разглежданите джетове.

Кривата на блясък с най-добро качество е декомпозирана на отделни избухвания с помощта на четири двойно-експоненциални функции и са определени параметрите на отделните избухвания.

### **3. 3C 273**

Това е първият квази-звезден радиоизточник (квазар), за който е измерено червеното отместване и е показано, че той се намира на космологично разстояние, а не е звезда от нашата Галактика. Обектът бе патрулиран в рамките на три нощи, като часова променливост не бе детектирана (публ. 45), което говори за слабата турбулентност в джета на 3C 273.

### **4. Други блазари**

В серия от работи е изследвана променливостта на блазарите СТА 102, 3C 345 и 0716+714 на различни времеви мащаби, използвайки наши и архивни наблюдения (публ. 50, 56, u01, u03, u04). Изследвани са техните диаграми „двят-звездна величина“. Декомпозирани са кривите им на блясъка с помощта на двойно-експоненциални функции и са определени параметрите на излъчващите области: размер, сила на магнитното поле и фактор на Лоренц за електроните, излъчващи в синхротронния пик (публ. u01, u03, u04). В частност, измереното магнитно поле в излъчващите области е от порядъка на няколко Гауса, а размерите на тези области са от порядъка на десетки Астрономически единици.

### **5. Кампанийни наблюдения на блазари**

Координираните наблюдения на блазари са изключително важни за получаване на плътно покритие по време на кривата на блясъка, което, от своя страна, е от изключително значение за правилното интерпретиране на наблюдаваната променливост.

В този контекст вземам активно участие в международни кампании за координиран мониторинг на квазари/блазари, основно организирани от Whole Earth Blazar Telescope (публ. 1, 37, 38, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62). За важността на този тип

кампании говори и факта, че публикация 50 е отпечатана в списание Nature.

## **6. Радио-тихи квазари**

Часовата променливост при радио-тихите квазари е все още обект на сериозни дискусии. Ето защо този проблем е разгледан в серия от публикации (публ. 39, 40, 53). За наблюдаваните квазари е намерено, че не показват часова променливост в оптиката; в частност, за HS 1946+7658 тази променливост е изследвана и в рентгеновия диапазон отново с отрицателен резултат. За обекта PG 0157+001 е уточнен работния му цикъл с използване както на наши, така и на архивни наблюдения, което е от значение за изследване на часовата променливост при подобен тип обекти.

## **7. Подобряване точността на фотометрията на квазарите**

Точността на фотометричните измервания е от изключителна важност при използване променливостта на квазарите за изучаване на тяхната структура и физика. Ето защо част от приносите са именно в тази област.

Изследвано е влиянието на разсеяната светлина на 2-м телескоп на НАО „Рожен“ върху получаваната фотометрия с използването на многократни наблюдения на купа M92 (публ. 47). Получени са съответните корекционни формули, които да се използват за корекция на фотометрията, получена със CCD камерите Photometrics и VersArray. Тези формули ще са полезни при бъдещо фотометриране на архивни кадри, получени с горните две камери. Получени са и цветните трансформационни коефициенти за двете камери.

Друг аспект от подобряване качеството на фотометрията е калибриране/подобряване на вторични стандарти в полето на интересувания ни обект. Това бе извършено за квазара HS 1946+7658 (публ. 53) – за първи път са калибрирани вторични стандарти. За

блазара 3C 273 всички налични калибровки са анализирани и са получени средни звездни величини на вторичните стандарти (публ. 45).

За фотометрия на двойния гравитационно-фокусиран квазар 0957+561 е използван едновременен фит на изображенията му (разстоянието между тях е около 6 дъгови секунди) с два профила на Мофат. По този начин се елиминира т.нар „cross talk“ ефект при апертурната фотометрия, когато светлината от едното изображение попада в апертурата на другото и влияе на неговата фотометрия (публ. 1).

## **8. Други изследвания на активни извънгалактични обекти**

Квазарът IRAS 16511+2354 е изследван морфологично на базата на архивни наблюдения, получени с CFHT и HST. С използването на техниките адаптивна филтрация и структурна карта е намерено, че на различни мащаби родителската галактика на обекта показва признаци, като неправилна форма, приливен ръкав и др., за взаимодействие в миналото (публ. 54).

Радиогалактиката 3C 382 е изследвана спектрално и морфологично, използвайки наблюдения получени с 2-м телескоп на НАО „Рожен“ и INT. Показано е че галактиката, намираща се на североизток от обекта е физически спътник на 3C 382; за първи път е определено червеното отместване на тази галактика. Декомпозицията на кадрите, получени с 2-м телескоп изяви неправилна квази-пръстеновидна структура с три нишки. Корелацията на тези нишки с радиокартата на обекта е много добра, което показва, че най-вероятно има взаимодействие между джета и вътрегалактичната среда (публ. 59).

По наблюдения с 2-м телескоп на НАО „Рожен“ за първи път е измерено червеното отместване на галактиката NPM1G -10.0568 и е показано, че тя е физически спътник на Сийфъртовата галактика Mrk 509 (публ. 41).

## 9. Квазарите като космологични сонди

Фактът, че квазарите са с голяма светимост ни позволява да ги наблюдаваме на много големи червени отмествания (до около 7-8). Това от своя страна ги прави идеални космологични сонди, с които може да се изследва междугалактичната среда, разпределението на масата в галактиките и т.н. до големи червени отмествания.

В серия от работи са представени резултатите от използването на квазарите като помощник при решаването на други астрономични проблеми (публ. u02, u06). С използването на седем гравитационно-фокусирани квазара е получена ансамблова оценка на параметъра на Хъбъл-Льометър. За увеличаване точността на резултата, от литературни източници са взети най-точните оценки на положенията, червените отмествания и времената на закъснение на съответните системи. Получената оценка на параметъра на Хъбъл-Льометър е  $78.4 \text{ km/s/Mpc}$ . Използвайки същите фокусирани квазари е изследвано радиалното разпределение на масата в съответните галактики-лещи. Получено е, че то е близко до изотемалното, т.е. пропорционално е на  $1/r$ .

Освен гореизброеното, активно съм участвал и в изследвания, касаещи различни аспекти на физиката на активните галактични ядра, част от които са квазарите (публ. 44, 51), както и в изследвания на Галактични акретиращи системи (публ. 52) и екзопланети (публ. 36).

Дата:

/доц. д-р Б. Михов/