

Авторска справка,
изготвена от доц д-р Таню Бонев,
за научните приноси по темата на конкурса
“Физически и химически свойства на кометите, методите и инструментите за тяхното изследване”, обявен в “Държавен вестник” бр. 78 от 19 септември 2014г.

Авторската справка представя обобщение на приносите от трудовете на кандидата, публикувани след защитата на дисертацията за кандидат на науките (доктор). При съставяне на справката са цитирани публикациите от двата списъка, приложени към документите, списък с реферирани и списък с нереперирани публикации. За бързо разпознаване на цитираните статии, те са комбинирани с буквите „р” и „н”, примерно р20 е публикация [20] от списъка с реферирани статии, а н20 е публикация [20] от списъка с нереперирани публикации.

Приносите са разпределени в следните пет групи:

1. Приноси в областта на взаимодействието на кометната плазма с междупланетното магнитно поле.
2. Изследване на динамиката на праховата кома и опашка.
3. Изследвания в областта на неутралната кома.
4. Приложение на методи и инструменти, разработени за целите на кометни изследвания в други области.
5. Разработки в областта на астрономическото приборостроене.

1. Приноси в областта на взаимодействието на кометната плазма с междупланетното магнитно поле.

- Пространственото разпределение на йоните на водата в близкоядрената област на кометата Остин е изследвано в статията **р5**. За целите на това изследване бе приложен оригинален метод за демодуляция на изображения, получени с управляем филтър на Фабри-Перо (методът е описан за първи път в **н3**). Високата спектрална разделителна способност на използвания филтър позволи прецизно изваждане на приноса на праховия континуум (отразената Слънчева светлина). Калибрираните в колонки на плътността карти на двумерното разпределение на H_2O^+ показаха, че максималните стойности на колонките на плътността за кометата Остин, достигащи до $2 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$, в повечето случаи са локализирани „зад” фотоцентъра на кометата (там където се предполага, че е кометното ядро), т.е. в посока противоположна на проекцията на посоката към Слънцето. Градиентът на колонките на плътността в посока към Слънцето е значителен - колонките на плътността намаляват около 4 пъти само за 10 хиляди км. Анализът на едномерните профили на единица дължина от йонната опашка (интегрирани колонки на плътността в разрези перпендикулярно на опашката) показва, че наблюдаваните лъчи в опашката се зараждат около ядрото на кометата, че тяхната поява не е свързана с промяна в скоростта на продукцията на йони, а представлява преразпределение на йоните в пространството. Каква е причината за появата на тези лъчи, защо те са толкова добре колимирани и

защо не се разрушават при тяхното движение към оста на опашката, все още е открит. Опит за отговор на част от тези въпроси е направен в **p39**.

- Представеният в **p16** анализ на разпределението на CO^+ и H_2O^+ в кометата Суифт-Гътл бе извършен на базата от серия наблюдения, получени с тесновични интерференчни филтри . Този сравнителен анализ показва, че йоните на въглеродния окис достигат много по-далечни разстояния от ядрото на кометата, в сравнение с тези на водата. Това бе обяснено с по-краткия живот на неутралните водни молекули в радиационното поле на Слънцето, които са първоизточник за водните йони. Най-бързият процес, който разрушава неутралните водни молекули е фотодисоциацията, която протича със скорост около 10^{-5} сек⁻¹. Това силно намалява размера на зоната и броя на молекулите, от които биха могли да се „родят“ йони - зоната за възможна фотойонизация се съкращава до около 10^5 км (типични скорости на неутралните молекули са около 1 км/с). В същото време, каналите по които се разрушава CO и се раждат йони на въглеродния окис имат типични скорости около 10^{-7} сек⁻¹, т.е. зоната за възможна фотойонизация е около два порядъка по-голяма, в сравнение с тази на водата. Сериите от анализирани кадри показват редица стабилни структури (възли, колена), които не се разрушават при тяхното движение в йонната опашка. Тези структури бяха използвани за определяне на скоростите в опашката, което, в комбинация с колонките на плътността позволи изчисляването на общия поток йони. Нашите данни за потока от йони в опашката бяха комбинирани с данни за продукцията на вода, получени от радионаблюдения на ОН и бе установено, че наблюдаваното отношение $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{O}^+$ е около три пъти по-голямо от това, което следва от теоретичните модели. Като една възможна причина бе разгледана вероятността част от водните йони да не са регистрирани, поради долния праг на чувствителност на използваната апаратура.
- В статията **p38** е направен теоретичен анализ на разпределението на водните йони около кометното ядро и в йонната опашка на кометите, базиран на магнитохидродинамично моделиране, комбинирано с детайлен анализ на химическите, ударните и фотолитичните реакции в близката околоядрена зона на кометите. Направен детайлен анализ на източниците на произход и загуба (sources and sinks) на водните йони при кометите. Анализът показва, че в кометите с по-ниска газова продукция ($<10^{28}$ сек⁻¹) около 11% от водата се превръща във водни йони. При големите активни комети, с газова продукция $> 10^{29}$ сек⁻¹, този процент намалява до 3 %. Основна причина за това са реакциите на трансфер на протони и на рекомбинация, които изискват по-голяма плътност на взаимодействащите компоненти (йони, неутрални молекули и радикали и електрони) и са много по-ефективни за големите комети, характеризиращи се с достатъчна плътност за протичане на тези реакции в сравнително голяма област около техните ядра. В същата работа е извършено сравнение на резултатите от детайлния МХД анализ на взаимодействието на Слънчевия вятър с водните йони в кометната кома с измервания на тяхната плътност около ядрото на Халеевата комета (от космическата станция Джото) и с измерени колонкови плътности на няколко комети (от наземни наблюдения). Това сравнение показва, че разпределението на плътността (и на колонковата плътност) на йоните при различните комети може да бъде описано с един унифициран формализъм, използвайки закони за подобие от МХД и свързаните с тях правила за

мащабиране. Този формализъм дава възможност за определяне на скоростта на продукцията на вода от наблюдения на разпределението на водните йони.

- Обобщен анализ на взаимодействието на Слънчевия вятър с кометната плазма е представен в статията **p17**. Анализирани са данните за четири комети с различна газова продукция – Суифт-Тътл, Виртанен, Остин и Табур. Показано е, че разработеният в **p38** формализъм позволява унифицирано описание на пространственото разпределение на йоните, използвайки подходящо мащабиране на разстоянията за различните комети. Чрез мащабирането средните профили на разпределението на плътността на йоните са преведени към профила на една хипотетична комета с газова продукция 10^{29} сек⁻¹, а от коефициенти на мащабиране е определена газовата продукция за отделните комети.
- В **p20** и **p19** (Симпозиум на МАС) за първи път е регистрирано наличието на СО⁺ в комата на периодичната комета Швасман-Вахман1, определена е скоростта на продукцията на този йон, както и продукцията на прах. Този удивителен резултат, получен при едно от първите наблюдения със CCD камера, монтирана на 2-метровия телескоп на НАО Рожен, потвърди предположението, че активността на тази комета се дължи на наличието на въглероден окис в нея. Кометата обикаля около Слънце на повече от 5.8 а.е., разстояние на което само лесно летливи газове, като окисите на въглерода, могат да напуснат повърхността на кометното ядро.
- Скоростта на плазмата в йонната опашка на кометите е съществен параметър, без който не може да се определи общото количество йони от даден тип, произведени от неутралните молекули, отделили се от кометното ядро. Оригинален метод за определяне на пространственото разпределение на скоростта бе разработен за анализ на данните, получени за кометата Хейл-Боп с еталони на Фабри-Перо, монтирани в синия и червения канал на 2-канален фокален редуктор, в Ричи-Кретиен фокуса на 2-метровия телескоп в обсерваторията на пик Терскол. За разлика от спектралните наблюдения, получавани с процепен спектрограф, този нов метод дава възможност за получаване на 2-мерна информация за полето на скоростта. Описание на метода и получените резултати са публикувани в **p6**. В основата на метода лежи трансформация на Фабри-Перо интерферограмите от Декартови в полярни координати, което дава възможност за надеждно изваждане на приноса на линиите на нощното небе. Новост в метода е и разглеждането на всички порядъци на интерференция, преминаващи през използвания блокиращ филтър. Резултатите за кометата Хейл-Боп показваха, че скоростите на плазмата в нейната околоядрена кома и близка йонна опашка (150 хил. км в посока на Слънцето и 250 хил. км в противоположна посока) не надвишават 20 км/с, много по-ниски в сравнение с други комети, с по-ниска газова продукция. Въпреки че този резултат бе очакван (за междупланетното магнитно поле е по-лесно да ускори плазма формирана от продукция на 10^{27} йони/с, отколкото 10^{29} йони/с) и че вече имаше магнито-хидро-динамични модели, които го предсказваха, това бе първото наблюдателно потвърждение на тези очаквания.
- Сериите от кадри, получени за кометата Остин (**p5**) в продължение на часове, през няколко последователни нощи, показваха непрекъснатата поява и еволюция на плазмени структури (лъчи) около оста на опашката. Калибрираните в енергетични единици кадри на водните йони в тази комета, са в основата на модела, представен в **p39**. Този 3-мерен МХД модел

показва, че появата на лъчи може да се обясни чрез завъртане на посоката на междупланетното магнитно поле на 90 градуса. Моделът описва разпределението на водните йони около ядрото на кометата и в опашката. Показано е, че в посока към Слънцето разпределението е близо до осевосиметрично, а в противоположна посока йоните са „притиснати” в слой близо до екваториалната равнина (равнината перпендикулярна на оригиналната посока на магнитното поле, преди достигането му до плазмата около кометното ядро). При завъртане на 90 градуса, изкривеното около комата магнитно поле се стреми да „притисне” новообразуваните йони към новия екватор, чиято равнина е перпендикулярна на стария. Но зоната около оста на пресичане на двете равнини е заета от старите йони, затова новите могат да текат само „над и под” стария екватор, т.е. да се разделят на две струи, които се виждат като лъчи. Това само едно качествено описание на резултата от модела, описан в **p39**. Освен че добре описва наблюдаваните лъчи в опашката на кометата Остин, моделът правилно възпроизвежда и измерените колонки на плътността и продукцията на газ от кометата.

- В **p21** е получена горната граница за скоростта на продукцията на водни йони от кометата Виртанен, първоначална цел на мисията Розета. Там са направени оценки и на продукцията на циан и на прах и е получена оценка за отношението газ/прах – между 2 и 3 пъти по-високо, отколкото при Халеевата комета.

2. Приноси в областта на динамиката на праховата кома и праховата опашка на кометите.

- Резултати в тази област са публикувани в, **p3, p4, p7, p8, p22, p23** и частично в **p16** и **p21**. Тези резултати са базирани на наблюдения в различни тесноивични филтри, центрирани на континуумни „прозорци”, в които липсват емисии характерни за кометните молекули и йони, т.е. в тях се регистрира само отразената от кометните пращинки светлина на Слънцето. От калибрираните кадри, при определени предположения за скоростта на праховите частици, за тяхната плътност и разпределение по размер са получени продукциите на прах за кометите Суифт-Тътл, Виртанен (първоначалната цел на космическата мисия Розета), C/1999 S4, C/2000 WM₁, и построяването на карти на цвета на околядреното им пространство. Картите на цвета дават възможност за емпирична оценка на разпределението на частиците по размер в пространството. Особено интересна в това отношение бе кометата C/1999 S4 (**p8**), при която бе наблюдаван процеса на нейното разпадане в края на юли 2000 година. Само за няколко денонощия кометата намали своята яркост с повече от две звездни величини, а промените в разпределението на цвета се характеризираше с изключителна променливост. Разпадането на кометата започна с избухване, което бе придружено с кратковременно „посиняване” на праховата кома (относително повишаване обилието на малки частици, по-малки по размер от дължината на вълната на използваните филтри (442 nm и 684 nm). Това посиняване бе разпространено в началото предимно по оста Слънце-комета, в посока противоположна на Слънцето, което бе обяснено с по-силното въздействие на лъчисто налягане върху по-малките частици. След фазата на избухването, комата започна да става по-червена, докато 6 дни след избухването кометата представляваше един малък червен облак – малък остатък от по-едри частици, които почти не „усещат” лъчистото

налягане от Слънцето и продължават да се движат по своите орбити близо до ядрото на кометата (или каквото е останало от него). Този сценарий бе потвърден и чрез динамичните модели, използвани за моделиране на наблюдаваните процеси. За първи път, за целите на тази работа, бе реализиран програмно алгоритъм, който създава мрежа от синдини и синхрони и дава възможност да се получи представа за пространственото разпределение на праховите частици на малки и големи, на стари и нови. Част от получените резултати бяха използвани като начални стойности за по-детайлно изследване, чрез Монте-Карло моделиране на разпределението на праховите частици в пространството и сравнение на моделите с наблюдаваната повърхостна яркост на кометата. В тези модели бяха използвани няколко милиона частици с предписана форма (двуосни сфероиди) и оптически свойства, близки до тези на „астрономическите силикати”, но с леко повишено поглъщане в синята област, което да позволи възпроизвеждане на наблюдавания червен цвят в комата. След освобождаване от повърхността на ядрото частиците се движат по орбити под действието на гравитационното поле на Слънцето, намалено с приноса на лъчистото налягане. На този етап бе решена само правата задача – генериране на голям брой моделни изображения (мрежа от размери и времена на емисия), с различни параметри и сравнение с наблюдателните данни, до намирането на удовлетворително решение. Работата **p7**, базирана на наблюдения на кометата C/2000 WM₁, бе посветена на решаването на обратната задача. За целта бе реализиран програмно метод, базиран на минимизиране на разликите между моделните Монте-Карло резултати и наблюдаваните карти на повърхостната яркост. Въпреки че този метод показва всички недостатъци на инверсните, некоректни задачи и риска от нееднозначност на намерените при тяхното третиране решения, за кометата C/2000 WM₁ бяха получени разпределението на освободените от кометата прахови частици по размер за различни моменти преди наблюденията.. Сравнението на мрежата от синхрони и синдини с антиопашката, наблюдавана само един ден преди момента на преминаване на Земята през орбиталната равнина на кометата, показва, че в сред праховите частици около кометното ядро има едри частици, около 200 микрона, които са се отделили от повърхността на ядрото около 290 дни преди перихелия. Това са само два от параметрите, които след това се използват като входни данни в Монте-Карло моделите за детайлно възпроизвеждане повърхостната яркост на кометата. Сравнението на моделните резултати с трите кадъра, получени в различни моменти, даде възможност да се получат функциите на разпределение на частиците по размер, разсейваща площ и маса, както и еволюцията на тези функции назад във времето, до повече от 200 дни преди наблюденията. За разпределението на частиците по размер бе използвана степенна функция и в някои случаи резултатите показват, че степенният показател намалява своята стойност, примерно от -2 до -4 при промяна на хелиоцентричното разстояние от около 4 до почти 1 а.е. Тази промяна към доминираща роля на по-дребните частици бе интерпретирана като резултат на фрагментация на част от по-едрите частици, отделили се от ядрото на по-големи разстояния от Слънцето, при тяхното приближаване към него, процес който води до намаляване броя на едрите и увеличаване на дребните частици.

- Друг подход за анализ на разпределението на праховите частици е приложен в **н3**, където е използвана връзката между геометричните (орбиталните) параметри и динамичните параметри (енергията и момента на импулса) на частиците. Сравнението на продукцията на прах от фрагменти на кометата Швасман-Вахман 3 при различни хелиоцентрични разстояния показва, че няма опасност едри частици да навлязат в Земната атмосфера, когато те пресекат нейната орбита. Със Земята могат да се срещнат частици, които са отделени на големи хелиоцентрични разстояния, а там се отделят само малки частици, които изгарят в Земната атмосфера. Обратно, анализът за отделените на малки хелиоцентрични разстояния едри частици показва, че те ще пресекат еклиптиката при 1 а.е. няколко дни след като Земята е минала през тази позиция, т.е. те също не представляват опасност за Земята.
- Приноси свързани с кометата 9P/Tempel 1 и мисията Deep Impact. Тук основните приноси са публикувани в статията **р26, р31, р35, н2 и н8**. В част от тези публикации са приложени описаните по-горе методи за сравнение на динамични модели с наблюдаваното разпределение на праховите частици около кометното ядро. В останалата част праховата компонента е характеризирана на базата на инфрачервени наблюдения, получени в средния диапазон на инфрачервената област, N и M (около 10 и 20 микрометра). От наблюдения 4 месеца преди DI бе определена температурата на праховите частици, около 230 K (кометата е на 1.8 а.е. от Слънцето). От наблюдения в оптичния диапазон бе определена продукцията на прах, около 200 кг/сек, а от сравнението на инфрачервените с оптичните наблюдения бе определено албедото на праховите частици. В **р31** са представени резултатите от наблюденията на 9P/Tempel 1 от международната кампания, организирана преди DI, но тук ще обърна внимание само на фиг. 4 (дело на ТБ), която показва индикация за наличието на „нетермални“ особености във филтрите, в които те се проявяват (особено при 11 микрометра). В **н8** е представен модел на облака от прах, отделен от кометата Темпъл1, в резултат на удара върху нейната повърхност. Използвани са кадри на праховия облак, получени с фокалния редуктор FORS2, монтиран на VLT. От кадрите е изваден принос на естествената прахова кома, заобикаляща ядрото (извадени бяха кадри, получени преди удара). Това прави решаването на обратната задача многократно по-лесна, тъй като се разглежда облак от пращинки, създадени в един момент, който е известен с голяма точност. Т.е. без да е необходимо да се търси принос на пращинки, отделени в различни моменти, задачата се свежда само до намиране на разпределението на частиците по размер, разбира се при определени предположения за формата на частиците и техните оптични свойства. Разпределението по размер бе моделирано със степенен закон, със степенен показател -3, а за общата маса на материала отделен в резултат на удара бе получена стойност 3700 тона.). В **н2** е направен обзор на всички наблюдения, получени за характеризиране на отделения прах от ядрото на кометата 9P/Темпъл1 при удара. Показано е, че отделеният прахов облак се движи в началото със скорост 200 м/сек, че достига стагнация след около 25000 км в посока към Слънцето, а температурата му е с почти 50 K по-висока от тази на праха преди удара, което е индикация за относително повишаване на обилието на дребни частици. Направеният в **р35** анализ на данните за праховите частици, получени в близката инфрачервена област няколко часа след удара, показва силно намаляване на яркостта в J и почти

никаква промяна в K_s . Дадено е едно възможно обяснение на тези данни, а именно отделянето на частици с размери няколко микрона в резултат на удара върху кометното ядро и сублимацията на тези частици в рамките на следващите 20 часа.

- Освен разпределението на яркостта и на цвета (различната отразителна способност при различни дължини на вълната), богат източник на информация за характеризирани на кометните пращинки представляват поляриметричните измервания. Анализ базиран на поляриметрични данни е представен в публикациите **p4**, **p22**, **p23**, **p27** и **p28**, както и в **n37** и **n45**. В **p4** е показано, че две денонощия след поредно избухване на фрагменти от разпадащата се комета Швасман-Вахман 3, нейната близка прахова опашка се обогатява с пращинки, които имат степен на линейна поляризация с един до два процента по-висока, в сравнение с дните преди и след избухването. Най-вероятно това са по-дребни пращинки, които едно денонощие по-късно са „издухани“ от лъчистото налягане и поляризацията в праховата опашка е възстановила своето разпределение от спокойната фаза преди избухването. Когато искаме да характеризираме прахови частици при кометите, използвайки поляриметрични измервания, изключително важно е да се използват тесноивични филтри, центрирани на континуумни прозорци, които не съдържат характерни за кометите газови емисии. В статията **p22** за първи път е получена правилната стойност за поляризацията на праха около кометата Енке при големи фазови ъгли ($>90^\circ$), повече от 30%. Това стана възможно благодарение на отчитането на „замърсяването“ на континуума от деполяризиращото влияние на амониевия радикал (NH_2), който има емисии дори в използвания тесноивичен континуумен филтър (Много е трудно при кометите да се намерят прозорци свободни от емисии, дори при използването на много тесни филтри, $\text{FWHM} \approx 20\text{-}30 \text{ \AA}$). С изследването, публикувано в **p22** бе разбит мита за съществуването на два класа комети, с ниска и висока поляризация при фазови ъгли около 90° , мит който бе граден години наред върху използването на данни получавани с широкоивични UBVR филтри, използвани за звездна фотометрия. В **p23** са анализирани поляризационните наблюдения на кометата Хейл-Боп. Картите на поляризацията на тази комета показват по-ниска степен на линейна поляризация (с около 1%) в близост до ядрото, в сравнение с околната прахова кома. От друга страна, характерните за праховата кома на Хейл-Боп структури (обвивки, shells) показват 1% до 2% по-висока поляризация, по-силно изразена в червения спектрален диапазон. Най-вероятното обяснение за тези особености е наличието на по-голяма концентрация на малки (<1 микрон) поръозни агрегати-частици в обвивките, отколкото в околната кома. Обвивките се образуват от активни области, от които частиците изтичат не от самата повърхност на ядрото, а от „резервоари“ под повърхността, които все още са богати на дребни частици. **P27** е първата статия, в която е извършен детайлен анализ на поляризацията на кометата Енке. Но наблюденията на кометата тук бяха получени с широк филтър (с желанието за постигане на по-добро отношение сигнал/шум) и поради това резултатите са силно „замърсени“ от деполяризацията на газовите емисии, попадащи в този филтър. Тези недостатъци бяха отстранени в статията **p22**, както бе подробно описано по-горе. В **p28** е разгледано поведението на поляризацията в кометата Джакобини-Цинер. Обикновено при кометите поляризацията нараства с дължината на вълната, т.е. цветът на

поляризацията би трябвало да е червен. Но при кометата Джакобини-Цинер измерената поляризация в червения спектрален диапазон се оказва с около 2% по-ниска, отколкото в синия и с около 4% по-ниска от средната поляризация при други комети, измерена при еднакви други условия. Възможни обяснения за тази аномалия са особен химичен състав на праховите частици, съдържащ повече органични молекули или силно повишено обилие на по-едри частици в праховата кома на кометата.

3. Изследвания в областта на неутралната кома.

- Неутралната кома на няколко комети е анализирана в статиите **p21**, **p24**, **p36** и **p37**. В **p21** са описани кадри на кометата Виртанен, получени с тесноивичен филтър центриран 388 нм, където попада една от вибрационните емисионни ивици на циана. Чрез сравнение на кадрите с модела на Хазер и приемане на стандартна стойност за радиална скорост на изтичане на неутралните молекули от кометното ядро (1 км/сек), за продукцията на CN от кометата Виртанен при хелиоцентрично разстояние 1.05 а.е. бе получена стойността $2.85 \cdot 10^{25} \text{ сек}^{-1}$.
- Детайлен анализ на циановата кома на кометата 2P/Енке е представен в **p24**. За първи път такъв анализ се прави на базата на почти синхронно получени наблюдения на циановата кома с 2-метровия телескоп на НАО Рожен и на спектри на най-вероятната родителска молекула на циана, HCN, получени със субмилиметровия 10 метров телескоп Хайнрих-Херц. Силната асиметрия на циановата кома е моделирана с изтичане на газ от една активна област върху кометното ядро. Чрез Монте-Карло моделиране са създадени модели, които са използвани за решаване на обратната задача и определяне на позицията на активната област, ориентацията на оста на околоосно въртене на ядрото, скоростта на изтичане на родителските молекули, времето на живот на циана, както и на неговата родителска молекула.
- В **p36** е представен детайлен анализ на структурите, наблюдавани в комата на кометата 103P/Хартли 2, регистрирана в емисиите на CN и C_3 . Доказано е, че източник и за двете молекули (т.е. за техните родителски молекули) е една активна област върху ядрото. Определени са координатите на активната област за момента на наблюденията, ориентацията на ротационната ос и периода на околоосно въртене - 18.32 часа. Проектираната върху равнината на кадрите скорост на изтичане на газа, формиращ наблюдаваните структури, е между 0.1 и 0.3 км/сек. Интересно е, че наблюдаваните особености (обвивки, дъги, струи и спиралоподобни структури) не повтарят своята морфология при всеки следващ период, което би могло да се обясни с нестабилност на ориентацията на ротационната ос.
- Структури, наблюдавани в циановата кома на кометата 8P/Тътл са предмет на изследване в **p37**, заедно с почти едновременно получени спектри на HCN в милиметровия диапазон, получени с телескопа на Маунт Грейхъм. Слабите структури в комата са изявени чрез изваждане на азимутално усреднена кома от всяко от отделните получени изображения. Скоростта на разширение на наблюдаваните обвивки в посока към Слънцето е около 1 км/сек, а в противоположната посока - 0.8 км/сек. Намерената цикличност на появата на обвивки е с период 5.7 часа, като са допустими и кратни на този период. Същият период е получен и от милиметровите наблюдения на HCN, което е в подкрепа на представата, че синилната киселина е единствената (или най-малко доминиращата) родителска молекула на циана.

4. Приложение на методи и инструменти, разработени за целите на кометни изследвания в други области.

- Възможностите на фокалния редуктор, монтиран към 2-метровия телескоп на НАО и методите на тесноивичната фотометрия бяха използвани за изследване на разширената област на емисионни линии и на фотойонизираната област на коронални линии в Сийфъртовата галактика NGC 3516 (**p11, p13, p14, p15 и n63**). Получените резултати и тяхната интерпретация могат да се видят от приложените към документацията копия на статиите.
- Тесноивични изображения, получени в светлината на [OIII] 5007, [OI] 6300, H α + [NII] 6548, 84 и [SII] 6717+31 са в основата на анализа на емисионната област около ядрото на M81 (**p12**).
- Резултати от приложението на свръх-тесновична повърхностна фотометрия, получени чрез използване на Фабри-Перо кадри на Сийфърт 2 галактиката NGC 2273, са представени в **p10**.

5. Разработки в областта на астрономическото приборостроене.

(Тези разработки са свързани с различни подобрения на инфраструктурата за астрономически наблюдения в НАО. Ето защо те са предимно от локален интерес и затова са публикувани в *Bulgarian Astronomical Journal* и други нереферирани издания).

- В **n4** и **n7** са описани подобрения и обновления на 2-метровия телескоп, извършени в периода 2004 – 2009 година. Това са внедряването на бърз електрофотометър, на система за автоматично гидиране, въвеждането в експлоатация на 2-каналния фокален редуктор, алуминизация на главното огледало и на първото отклоняващо огледало към куде-спектрографа и пълната подмяна на управлението на телескопа със съвременна система за управление, базирана на промишлени контролери и включваща подмяна на всички двигатели.
- В **n6** са описани възможностите на 2-метровия телескоп като ефективен инструмент за проследяване на нови обекти от Слънчевата система, регистрирани от GAIA.
- Първите тестове на новата система за управление, направени през есента на 2009 г., показаха периодични флукуации при часовото водене. Анализът на тези грешки и причините за тяхната поява са представени в **n11**. Благодарение на тези резултати, своевременно представени на фирмата изпълнител като доказателствен материал, концепцията за часовото водене на телескопа бе променена изцяло и приемането-предаването на новата система за управление успя да стане преди края на 2009 г., както бе договорено.
- През 2006 г. бе разработена и изработена система за автоматично гидиране на 2-метровия телескоп, която работи във фокуса Ричи-Кретиен. Дизайнът на системата, принципите на нейното действие, алгоритъма за анализ на грешките и обратната връзка с управлението на телескопа са описани в **n17**. За оптико-механична част на автогида бе използвана старата система, предназначена за офсетно гидиране, електронната част на която бе заменена със съвременна CCD матрица, с подходящи параметри, осигуряващи достатъчна чувствителност на гидиращата система, при използване на звезди до 12 звездна величина.

- В периода 2010 – 2013 година бе работено интензивно по дизайна на ешелен спектрограф за 2-метровия телескоп, монтиран стационарно върху оптическа маса с антивибрационни крака и захранван със световоди от РК-фокуса на телескопа. Този спектрограф бе изграден през 2013 г. и в момента се намира във фаза „въвеждане в експлоатация”. До момента няма публикация, описваща новия спектрограф, но един от първите научни спектри, получен с него е на свръхновата SN2014J и е представен в **н19**. Там са описани и основните параметри на ешелния спектрограф.
- През 2014 г. бе внедрена $\lambda/2$ пластинка за подобряване на ефективността и точността на поляризационните измервания, които се получават с фокалния редуктор и призмата на Воластон. Разработена бе система за въртене на пластинката и позициониране с точност по-добра от 0.1 градуса. Системата работи перфектно, до момента публикация няма, ще има след получаването на достатъчно данни за инструменталната поляризация и разработване на методи за борба с „духовете”, които се появиха при първите тестове с този нов оптически елемент.

Подпис:

(Доц д-р Таню Бонев)

София, 18.11.2014 г.