



## РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за получаване на научната степен

„Доктор на науките“

по професионално направление 4.1 „Физически науки“

и специалност „Астрофизика и звездна астрономия“

**Автор:** Проф. д-р Евгени Христов Семков,

Директор на Институт по астрономия с НАО при БАН

**Тема:** „Звезди преди Главната последователност“

**Рецензент:** Проф. д.физ.н. Цветан Борисов Георгиев,

Нов български университет, пенсионер,

Член на научно жури, назначено със заповед

№. 100624.02.2023 г. на Директора на ИА с НАО

**Представените документи** съответстват на изискванията на Закона за развитието на академичния състав и Правилника за неговото прилагане, на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за замане на научни длъжности в БАН, както и на Правилника на ИА с НАО. Представени са дисертация, автореферат и научни публикации, които покриват всички наукометрични критерии.

**Професионалният опит** на проф. Семков обхваща работа със системи на три телескопи – 50/70 см и 2 п на Рожен и 1.3 м на Скинакас, Гърция, както и със специалните апаратури към 2 м телескоп – едно- и дву-канални фокални редуктори, спектрограф UAGS, CCD камери, вкл. обработка на данните чрез съвременен софтуер. Проф. Семков е завършил ФзФ на СУ със специализация по астрономия през 1985 г. Тй е защитил дисертация по научната специалност “Астрофизика и звездна астрономия” в ИА с НАО при БАН през 1995 г. с тема „Изследване на нестационарни и избухващи звезди в областите на дифузната мъглявина NGC 7129 и разсеяния звезден куп Алфа Пер“. Проф. Семков е директор на ИА с НАО от 2016 г.

**Научните публикации** на проф. Семков според NASA/SAO ADS към 20 март 2023 г. са над 200, цитирани над 2000 пъти, с H-индекс 28. Към дисертацията са представени 25 публикации с IF (Q1 – 13, Q2 – 3, Q3 – 4, Q4 – 5). Типичният брой съавтори в тях е 3-5, а проф. Семков е първи съавтор в 16 от тях. Сред публикациите следва за бъдат изтъкнати 10 в Astron. Astrophys., по 2 в Astrophys.J. и Astron.J. и по 3 в Astrophys.Sp.Sci. и Astron. Nachr. Представени са 29 други реферирани публикации (в Bulg.Astron.J., IBVS, ATel и др.), както и 11 публикувани доклади на международни конференции.

**Фундаментален проблем** в науката и в частност – в астрономията, е произходът и еволюцията на Слънчевата система. Затова протозвездите ,

бидейки екстремално млади обекти, се изучават интензивно. В дисертацията са представени резултати от различни изследвания на над 20 такива обекти, с възраст до няколко милиона години. Тяхното лъчение се поражда само от гравитационното свиване, без да са започнали термоядрени реакции на синтез. През този свой епизод звездите показват специфични спектрални и фотометрични особености. След достигане до Главната последователност спектралните и фотометрични характеристики на протозвездите се променят. Те достигат равновесно състояние вече като звезди. Процесът на звездообразуване включва формиране на околозвездни дискове и други структури в околозвездното пространство.

**Дисертационният труд** се състои от основен текст с увод, четири глави (стр. 9-234), заключителна част с 6 основни приноси (стр. 238-239), списък на използваните за дисертацията 65 авторски статии, цитирани 291 пъти и библиография с 375 източници (стр. 238-277). В дисертацията има 121 фигури и 34 таблици. Резултатите в дисертацията са получени чрез изследвания на фотометричната и спектрална променливост на протозвезди с телескопи в Националната астрономическа обсерватория Рожен и Обсерваторията Скинакас на Университета на Крит (Гърция). Използвани са съществено архивни фотографски наблюдения както и и спектрални наблюдения, получени в сътрудничество с чуждестранни астрономи.

**Уводът** обхваща постановка на изследванията, апаратура и методика.

**Глава 1** започва със съвременните представи за звездите преди Главната последователност. В началото протозвездното съгъстяване в облака е с маса около 0.01 от слънчевата. Протича радиална акреция, а поради запазването на ъгловия момент се образува и протозвезден диск. Материята изтичаща като струи от протозвездата, извежда част от ъгловия момент. Това е т.н. обект от Клас 0. Нататък масата в диска продължава да се прехвърля към протозвездата. За няколко стотин хиляди години протозвездата абсорбира половината от масата на облака, а остатъкът започва да формира протопланетен диск. Това е вече обект от Клас I. Следва разпрскване на обвивката по недоизяснени причини. Протозвездата става видима след около 1 млн. г. поради енергията само от гравитационното свиване Това е вече обект от Клас II или класическа T Tauri звезда. Това са звезди непосредствено преди Главната последователност (PMS). При достигане на достатъчно налягане в центъра на протозвездата започват термоядрени реакции. Протозвездата „стъпва на Главната последователност“ като звезда. Звезда с маса подобна на слънчевата достига до Главната последователност след около 100 млн. г. пребивава там над 10 млрд. г. В крайния етап на предзвездната еволюция остава маса само в звездата и в планетарната система. Основна особеност на звездообразуването е, че звездите се раждат



главно в групи – асоциации и купове, като едновременно се формират звезди с различни маси. По-нататък в Глава 1 се представят подробно основните характеристики, както и фотометричната и спектрална променливост на звездите преди Главната последователност. Те са точно предметът на дисертацията.

**Глава 2** е посветена на апаратурата и методиката на изследванията. Представени са комплексите на трите телескопи, отбелязани по-горе и деветте CCD камери към тях. Поради често променящите се метеорологични условия в НАО Рожен за фотометрия е необходимо да се калибрират предварително звезди около всеки обект. За целта от всяка наблюдателна нощ е отделяно около 20% от времето за да се наблюдават площадки за нови стандартни звезди. Извършена е голяма и високо професионална работа по калибрирането на 15 площадки със 175 вторични стансартти около изследваните обекти. Площадките са около обектите V350 Iep, V381 Cep, V1184 Tau, V1647 Ori, V733 Cep, V1735 Cig, Parsamian21, GM Cep, V2483 Cyg, V582 Aur, V2482 Cyg, V900 Mon, V1180 Cas, V899 Mon и IC 2144. По-строени са исторически криви на блясък по архивни фотографични наблюдения. Проведени са нискодисперсионни спектрални наблюдения с фокалните редутори към 2 м и 1.3 м телескопи. Изполвани са и спектрални данни от други обсерватории.

**Глава 3** е посветена на детайлни резултати от изследванията на четири различни типове променливост на протозвезди, както следва: (1) Избухвания в резултат от засилена акреция (V2493 Cyg (HBC 722), V582 Aur, V733 Cep, V900 Mon, V1735 Cyg); (2) Затъмнения от прахови облаци (V1184 Tau, GM Cep); (3) Междинни случаи на комбинирана променливост (V1647 Ori, V2492 Cyg, Parsamian21); (4) Променливост на T Tauri звезди (V350 Cep, V391 Cep) и нови променливи в областта (V718 Per (HMW 15, EE Cep), T Tauri звезди в NGC 7000 и IC 5070. Отделям внимание на резултатите за обектите с промерливост от тип (1).

Обектът **V2493 Cyg (HBC 722)** се изявява през 2010 г. с повишаване на блясъка си с 4 mag и продължаващо нарастване на блясъка още малко за 3-4 г. Semkov & Peneva (2010a) го класифицират като фуор, подобен на FU Ori. После Munari et al (2010), както и други изследователи, потвърждават чрез спектрални наблюдения, че обектът е от тип T Tau. Преди избухването той е бил Клас II. Уникално, през 2022 обектът има същия блясък както през 2010. Semkov et al (2021b) построяват исторически криви на блясъка (Фиг. 37). Те откриват и променливост с период 944 д, който обяснват с въртене на остатъци от протозвездния облак.

Обектът **V582 Aur** е изявен от Semkov et al. (2011) по наблюдателните си характеристики като фуор. Други автори, приемайки междузвездно по-

глъщане  $A_V=1.53$  mag, показват че светимостта на обекта е 150–320 слънца. Историческите криви на бляска (Фиг. 48) свидетелстват за променлива акреция с максимум около 1986 г. (Semkov et al. 2013). Най-забележителни са големите спадания на бляска през периодите март-април 2012 г., януари-февруари 2017 г. и септември-ноември 2020 г. В първия случай спадът е с 2.3 mag, измерен по архивни фотографски плаки. Така обектът достига блясък със само 1-1.5 mag. по-голям от бляска преди избухването. Абсорбционният спектър на обекта е като на свръхгигант от клас G0.

Обектът **V733 Cep (Persson's star)**, от 15.7 mag, е намерен във Втория паломалски обзор като липстващ в Първия. Други автори потвърждават променливостта на звездата и намират понижение R-бляска с 1.6 mag за около 13 години (1991–2004 г.). Според фотометричните и спектрални изследвания на Reipurth et al. (2007) обектът е фуор, избухнал в между 1953 и 1984 г. Фотометричният мониторинг през февруари 2007 г. – февруари 2008 г. е регистрирал значителни промени в бляска (Semkov & Peneva 2008). Намерени са 192 архивни фотографски наблюдения от пет теле-скопи. Историческите криви на бляска (Фиг. 54) потвърждават, че обектът е фуор с избухване в оптичната област. Основният резултат е установено-ното бавно и плавно повишаване на бляска в периода 1971-1993 г. с 2.1 mag в I лъчи. Изглежда Обектът е достигнал максимална яркост през 1993-2004 г., но няма наблюдения от този период. Според резултатите на проф. Семков и неговите съавтори амплитудата на наблюдаваното избухване на V733 Cep надвишава 4.5 mag в R лъчи. Спадът на бляска на обекта протича неравномерно, с краткотрайни периоди на значителен спад.

Обектът **V900 Mon** е еруптивна звезда, открита от Thommes et al. (2011) и изследвана най-напред от Reipurth et al. (2012). Semkov et al. (2017b) регистрират постепенно увеличаване на бляска на звездата в оптичния диапазон през периода 2011-2016 г. За изследване на фотометричната история на обекта и определяне на началото на избухването са потърсени и намерени архивни фотографски данни (Semkov et al. 2021a). Историческите криви на бляска (Фиг. 58) показват, че преди избухването обектът е бил променлива звезда с амплитуда около една звездна величина, типична T Tauri звезда. Установено е че обектът е достигнал максималния си блясък през 2017–2018 г. и е възможно да следва намаляване на бляска му през следващите години. **V1735 Cyg** (Elias 1-12) е открит като променлив обект при наблюдения в инфрачервената област на ярката мъглявина IC 5146 (Elias 1978). Класифицирането му като фуор е направено по спектрални характеристики и данни от други автори за изтичане на маса. При откриването му през 1977 г. обектът е бил от 15 mag в R лъчи. През 1965 г. на плака от 5 м телескоп обектът има подобен блясък. Обаче на червената



плака от Първия паломарски обзор (1957), обектът е под лимита ( $R > 20 \text{ mag}$ ). Изглежда между 1957 и 1965 г. блясъкът се е увеличил с 5 mag. Вече е известно, че V1735 Cyg е единична T Tauri звезда с висока светимост и маса над 1.7 слънца, с обвивка и околосвезднет диск. Има 82 плаки от роженския Шмид телескоп след 1986 г., центрирани върху мъглявната IC 5146. На В-плаките, с лимит около 18 mag, обектът не се вижда. На V и R плаки се вижда и е фотометриран. На една от петте Бюракатски В-плаки в областта на IC 5146 обектът показва прз 1980 г. 20.4 mag. Използвайки данните от архивни плаки и CCD наблюдения проф. Семков и колегите му са построили исторически BVRI криви на блясъка на фуора V1735 Cyg за периода 1952-1992 г. (Фиг. 59). Така е изследвано фотометричното поведение на звездата около времето на избухването в оптичната област и във времето на спадане на блясъка.

Изследванията на другите 3 типа променливостиса аналогични.

**Глава 4.** Анализ и обобщение на резултатите. Представено е съвременното състояние на изследванията на зезди преди Главната последователност и важноста на комплексния подход – използване на фотометрични, спектрални и ахивни данни. Разгледани са съвременните представи за избухвания от тип FU Ori и EX Lupi, които са сравнително редки явления.

**Основните научни приноси** на проф. Семков, отразени дисертацията, са наблюдателни изследвания на променливостта, строежа и еволюцията на индивидуални звезди преди Главната послдователност. Наблюдателен материал е получен главно с телескопите на ИА с НАО. Обработени са архивни наблюдения. Използвани са литературни източници. Основните научни резултати, отразени в тази дисертация могат да бъдат обобщени в следните шест направления.

(1) В областта на звездообразуване NGC 7000 е открит нов избухващ фуор, V2493 Cyg. Фуорите са съвсем малък брой еруптивни обектии всеки новооткрит такъв предизвиква голям интерес. Обектът е изследван по време на избухването през 2010 г. и години след това. Този обект е необик-новен. Той запазва висок блясък 12 години след избухването. Открита е и периодичност в блясъка, която се обяснява с орбитирщи газово-прахови облаци.

(2) Изследвани са фотометрично, спектрално и архивно няколко обекти от тип фуори. В дисертацията е представен анализ на на пет фуори и три подобни на тях еруптивни променливи. Обектите имат разнообразни параметри. Обсъдена е възможността наблюдаваните големи бързи увеличения на блясъка да се дължат на различни физически процеси, които формално водят до един и същи резултат.

(3) Показано е, че явлението Фусор може да се наблюдава и при T Tauri звезди с маса близка до слънчевата, от спектрални ласове А-С. Нов резултат е, че това явление може да се наблюдава и при К и М звезди, вкл. помаломасивни от Слънцето. Важен е изводът, че процесите на формиране на звездите с различни маси са подобни по ефективност на натрупване на първоначална маса, но голяма част от протозвездият облак не участва в образуването на звезди.

(4) Изградена е мрежа от 175 вторични фотометрични стандарти в полетата 15 области с активно звездообразуване, калибрирани в стандартната система на Джонсън-Кузинс. Използвани са фотометрични данни от няколко нощи, получени в различни месеци и години.

(5) Открити са нови млади променливи обекти на различни етапи от тяхната еволюция. Почти всички новооткрити променливи са звезди преди Главната последователност и показват характерните особености на класическите T Tauri звезди.

(6) При много от изследваните звезди се наблюдава повече от един тип променливост. Причините са различни физически процеси, взаимодействие с околосвездния диск или промяна в околосвездната среда. В много случаи е уточнен основният тип променливост.

**В заключение** отбелязвам, че сложността и количеството на изследванията, както и множеството авторитетни публикации, всяка от тях многократно цитирана, са несъмнено на предния край на астрофизиката. Изследванията са извършени под ръководството и с прякото участие на проф. Семков, който е несъмнено утвърден учен.

На базата на гореизложеното и на съответствието между обема и сложността на представените научни и изискванията на Правилника към Закона за развитие-то на академичния състав, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за замане на научни длъжности в БАН, както и на Правилника на ИА с НАО при БАН **предлагам на Научното жури да препоръча на Научния съвет на ИА с НАО да гласува на проф. Семков да бъде присвоена научната степен „дотор на физическите науки“** в научна област 4. Природни науки, мателатика и информатика, Професионално направление 4.1. Физически науки, научна специалност „Астрофизика и звездна астрономия“.

15 април 2023 г.

Рецензент:

(Проф. Цветан Б. Георгиев)

6