



## РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за получаване на образователно-научната степен "доктор"

Автор: ас. Цветан Ангелов Цветков, редовен докторант в Института по астрономия  
с Национална астрономическа обсерватория към БАН

Тема: „Изследване на дестабилизацията и ерупцията на протуберанси/влакна  
в активни области на Слънцето“

Рецензент: доц. д-р Петър Иванов Духлев, Институт по астрономия  
с Национална астрономическа обсерватория

Дисертационният труд на Цветан Цветков съдържа 130 страници, а текстът в него се състои от увод, пет глави, две приложения и цитирана литература. Основният текст на дисертацията обхваща общо 108 страници и включва 46 фигури и 12 таблици. Списъкът на цитираната литература съдържа 184 източници. Авторефератът е направен съгласно изискванията и дава точна представа за целта, резултатите и научните приноси от изследванията.

Основни обекти на изследванията представени в дисертацията са ерупциите на протуберанси разположени в активни области на Слънцето. Изследванията на този тип еруптивни протуберанси (ЕП) са едни от най-актуалните задачи в съвременната хелиофизика, тъй като преобладаващата част на такива ЕП-и са причинно, т.е. физически свързани със слънчеви избухвания и изхвърляния на коронална маса (ИКМ) в рамките на една и съща едромащабна магнитна система. Слънчевите избухвания и ИКМ са еруптивни прояви с най-висока геоэффективност, тъй като те почти винаги са източници на потоци от високоенергетични протони и електрони, както и ударни вълни.

Първите две глави на дисертацията са обзорни. В Глава 1 са разгледани класификациите, физическите характеристики и особености на протуберансите/влакната като относително стабилни явления в слънчевата атмосфера. В Глава 2 са разгледани еруптивните прояви на протуберансите след тяхната дестабилизация: класификации, кинематичните характеристики на еруптивния процес и тясната асоциация на ЕП-и с другите прояви на слънчева активност. Структурирането на информацията в двете обзорни глави е логически последователно, с добър баланс между текст, фигури и таблици във всяка една от тях, което показва, че докторантът познава изчерпателно съвременното състояние на проблема, както и литературните източници свързани с него.

Следващите две глави (Глава 3 и 4) представляват сърцевината на дисертационния труд. В тях са описани използвания наблюдателен материал, методите за неговата обработка и анализ и резултатите от направените изследвания. Изследванията, представени в Глава 3, се базират на наблюдателни данни за 41 ЕП-и от

инструмента AIA на SDO, 14 от които са в активни области. Целта на изследването е определяне на кинематични характеристики на ЕП-и като височини и скорости и определянето на осцилации в тяхното поведение. За измерването на височините е разработена специфична методика използваща новосъздадена процедура въз основа на IDL-базирания Solar Software. Скоростите на ЕП-и са емпирично изчислени за измерените стойности на техните височините. Представен е статистически анализ на разпределението на различните ЕП (Таблица 2.3) по височини, скорости и установени осцилации.

Последният раздел на Глава 3 представя резултатите от изследването на наблюдателните данни, получени при наблюдението на пълното сънчево затъмнение (ПСЗ) от 21 август 2017 г. Въпреки, че очакванията за регистрация на ЕП или потенциален такъв по време на ПСЗ не бяха оправдани, наблюдението на ПСЗ и анализа данните от него са полезен актив в работата на докторанта, тъй като е регистрирана структурата на короната над протуберанс, особено долната ѝ част непосредствено около самия протуберанс, която най-добре се наблюдават при такива затъмнения.

Глава 4 представя подробен статистически анализ на връзките между потоците от заредени частици (ПЗЧ) в периода 2010-2016 г. с енергии над 10 MeV, протуберансите, сънчеви избухвания, ИКМ и радиоизбухванията от тип II. От каталога на инструмента SOHO/ERNE за ПЗЧ с енергии в диапазона 17-22 MeV са използвани протонни 156 събития, които са асоциирани със сънчеви избухвания и/или ИКМ, 143 от които се асоциират с проруберанси/влакна. От общо 143 протуберанси, за целта на изследването са подбрани 76. Данните за протуберансите са взети каталога на AIA/SDO за периода 2010-2014 г. Протуберансите и техните данни за периода 2015-2016 г. са подбрани от докторанта след щателно проучване на архивите на SDO, STEREO A и B и SOHO. Част от данните за радиоизбухванията от тип II са взети от каталога за връзката на протонни събития с радиоизбухвания. Данните за радиоизбухванията от тип II в короната се извлечени от архивите наземните радио обсерватории, а данните за тези в междупланетната среда – от архивите на сателитите WIND/WAVES и STEREO/WAVES.

Глава 5 е заключителната част на дисертацията. В нея са представени списъците на резултатите и приносите, публикациите, на които се основава дисертацията, други статии на докторанта, както и научните форуми, в които той е участвал. Апробацията на Цветан Цветков е впечатляваща: изявите му са общо 23, от които 13 доклада и 10 постера представени в 12 международни и 2 национални научни форуми. Главата завършва със самооценката на докторанта според настоящата точкова система

Резултатите и основните приноси на дисертационния труд могат да се обобщят в две основни насоки.

1. Осцилации на височината и скоростите на еруптивни протуберанси.

- По профилите височина-време, скорост-време и скорост-височина на 41 ЕП-и са установени осцилации на скоростта на издигане на протуберансовото вещество в 34 случая от извадката

- Строга периодичност не е установена, като интервалите варират основно в диапазона 50-100 минути, а забавянето на височините при издигането на ЕП-и, варират в границите 55 000 - 296 000 km.

- Осцилации не са регистрирани при нито един от 10 случая, в които ЕП продължава издигането си в зрителното поле на коронографите C2 и C3 на инструмента LASCO на SOHO.

- Вероятната причина за наблюдаваните осцилации е взаимодействието на магнитната структура на ЕП-и и обкръжаващите магнитни аркади.

- Регистрирани са 3 протуберансите и слънчевата корона, видими по време на ПСЗ от 21 август 2017 г. Над един от тях има ясно изразена коронална кухина, т.е. канала на влакно.

2. Статистическа взаимосъвързаност между протуберанси, потоци заредени частици, слънчеви избухвания и ИКМ

- Установено е, че асоциираните с влакна протонни събития са по-чести от тези, които не са придружени от протуберанс (92% срещу 8%).

- Повече събития със ПЗЧ от северното полукулбо (57-43%), като предпочитаната полусфера се променя с настъпването на максимума на слънчева активност.

- Типичните области, източници на протонните потоци са на хелиографски ширини до  $\pm 30^\circ$  като най-голям процент от тях се образуват в зоните със ширини около  $\pm 15^\circ$ . Свързаните с протуберанси събития имат по-широки граници на образуване

- 88% от свързаните с протуберанси ПЗЧ са свързани с АО. Останалите 12% представляват едва 17 случая за период от 6 години. Случаите на протуберанси извън АО, асоциирани с енергетични частици, са рядкост.

- Протонните потоци, асоциирани с протуберанси, са придружени от радиоизбухвания от тип II в короната (56%) и в междупланетната среда (63%). Случаите, на протонните потоци, които са придружени и с коронално и с междупланетно радиоизбухване, представляват 45% от извадката на протуберансите.

- Установен е интервал от характерните спектрални индекси  $\gamma$  за 13 избрани протонни събития, свързани с влакна ( $2.95 \leq \gamma \leq 6.08$ ). Долната граница на интервала съвпада с тази на  $\gamma$  интервала от предишно изследване, а диапазонът на установения  $\gamma$  интервал е значително по-голям от този, определен в друг предишън случай, което се дължи на по-голяма извадка от събития използвана в дисертацията.

- Установена е силна положителна корелация между  $\gamma$ -индекса и скоростта на свързаните със ПЗЧ ИКМ. По-стръмните енергийни спекtri на протонни събития с високи стойности на  $\gamma$  се дължат на по-бързи асоциирани ИКМ в поне 49% от случаите.

Дисертационният труд е базиран на общо 9 публикации, в 4 от които Цветан Цветков е първи автор. Всичките статии са в рецензириеми списания, които се разделят

на три групи. Три статии са публикувани в списание с импакт фактор - Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics (IF 1.79). Други три статии са в списания с импакт ранк: две в AIP Conference Proceedings (SJR 0.1) и една в Astronomical & Astrophysical Transactions (SJR 0.101). Импакт ранка на последната статия не е отчетен от докторанта, така че пълният брой точки, които той е събрали е 140.

Личният принос на докторанта по мнението на неговия ръководител и по мое мнение е съществен както в наблюденията и тяхната обработка, така и в анализа и подготовката на публикациите.

Нямам критични бележки по същество към дисертационния труд. Ще отбележа само един малък пропуск в дисертационния труд. Става въпрос за разработената специфична методика използваща новосъздадена процедура за измерване на височините на еруптивните протуберанси. По мое мнение е важно тя да присъства сред приносите в глава 5.

Постъпилата документация за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ на Цветан Цветков е в съответствие с изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, с Правилника за прилагането му и с Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН, както и на специфичните изисквания на Института по астрономия с Национална астрономическа обсерватория.

Смятам, най-накрая, че дисертационният труд, научните резултати, публикуваните статии и цялостните научни приноси показват, че Цветан Цветков притежава задълбочени теоретични знания по специалността "Хелиофизика" и способности за самостоятелни научни изследвания.

В заключение, отчитайки всичко изложено по-горе давам изцяло ПОЛОЖИТЕЛНА оценка на дисертационния труд и убедено препоръчвам на членовете на уважаемото Научно жури да присъди на Цветан Ангелов Цветков образователна и научна степен "доктор".

6 август 2019 г.

Рецензент:

/доц. д-р Петър Духлев/