

ПРОЕКТ

Еволюционни процеси в астрофизиката –

синергия между наблюденията и теорията

Договор ДН 18/13-12.12.2017 г.

ОКОНЧАТЕЛЕН ОТЧЕТ

Съдържание

РП1: Еволюционни процеси в галактиките и в ранната Вселена - синергия между наблюденията и теорията	4
РП1.1: Планирани дейности (от проектното предложение)	4
РП1.2: Осъществени дейности през отчетния период.....	4
РП1.3: Очаквани резултати (от проектното предложение)	4
РП1.4: Постигнати резултати по тематиката на РП1.....	4
РП1.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта.	7
РП1.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати през отчетния период	14
РП2: Ранни етапи на звездната еволюция - синергия на наблюденията с теорията	15
РП2.1: Планирани дейности (от проектното предложение)	15
РП2.2: Осъществени дейности през отчетния период.....	15
РП2.3: Очаквани резултати (от проектното предложение)	15
РП2.4: Постигнати резултати по време на проекта	15
РП2.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта.	16
РП2.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати в процеса на изпълнение на проекта.	18
РП3: Еволюция на звездите от главната последователност - синергия на наблюденията с теорията	18
РП3.1: Планирани дейности (от проектното предложение)	18
РП3.2: Осъществени дейности през отчетния период.....	18
РП3.3: Очаквани резултати (от проектното предложение)	19
РП3.4: Постигнати резултати през периода на проекта.....	19
РП3.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта.	20
РП3.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати в рамките на проекта	23
РП4: Еволюция на симбиотични и катаклизмични звезди - синергия на наблюденията с теорията	24
РП4.1: Планирани дейности (от проектното предложение)	24
РП4.2: Осъществени дейности през отчетния период.....	24
РП4.3: Очаквани резултати (от проектното предложение).....	24
РП4.4: Постигнати резултати през отчетния период.....	25

РП4.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта	27
РП4.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати през отчетния период	30
РП5: Еволюция на Слънцето и телата в Слънчевата система - синергия на наблюденията с теорията	31
РП5.1: Планирани дейности (от проектното предложение)	31
РП5.2: Осъществени дейности с подкрепа на проекта.....	31
РП5.3: Очаквани резултати (от проектното предложение).....	32
РП5.4: Постигнати резултати през отчетния период.....	32
РП5.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта.	34
РП5.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати през отчетния период	36
Заклучение.....	36

РП1: Еволюционни процеси в галактиките и в ранната Вселена - синергия между наблюденията и теорията

РП1.1: Планирани дейности (от проектното предложение)

Планираните дейности са групирани в следните три направления: (1) Получаване на наблюдателен материал, (2) Анализ на наблюдателния материал и (3) Представяне на резултатите от изследванията в научни публикации, на научни конференции и работни срещи.

РП1.2: Осъществени дейности през отчетния период

Трите дейности са извършени успешно по време на договора. Получен е наблюдателен материал с използването на 2-м и 50/70-см телескопи на НАО Рожен и 60-см телескоп на АО Белоградчик. Материалът е обработен и анализиран своевременно. Изследвана е еволюцията на параметрите на различни класове активни галактични ядра в различни времеви скали. От теоретична гледна точка са изследвани еволюционните процеси в ранната Вселена. Повишен бе научния капацитет и подготовката на докторанта Роса В. М. Димитрова-Гаммелтофт: запознаване с наблюдателната техника и съвремените методи за обработка и анализ на наблюденията, предоставена бе възможност за представяне на резултатите, получени в рамките на проекта, на международен научен форум.

РП1.3: Очаквани резултати (от проектното предложение)

Очаква се в рамките на проекта да бъде получен наблюдателен материал с високо качество, той да бъде обработен до степен, позволяваща анализиране и извличане на астрофизични данни и получаване на крайни резултати, които да бъдат представени в научни публикации, на научни конференции и работни срещи. Очаква се полученият през двата етапа на проекта наблюдателен материал да бъде анализиран и резултатите от този анализ да бъдат представени в научни публикации, на научни конференции и работни срещи. В контекста на приключването на проекта очакваните резултати през втория етап би трябвало да бъдат по-високи от тези, постигнати през първия етап.

РП1.4: Постигнати резултати по тематиката на РП1

Резултатите от реализацията на проекта са представени на национални и международни конференции (10th Jubilee International Conference of the Balkan Physical Union, 2018, Sofia; XI Bulgarian-Serbian Astronomical Conference, 2018, Belogradchik; 3rd Rencontres de Moriond, 2018 Very High Energy Phenomena in the Universe, La Thuile, Italy; The Laws of Star Formation: From the Cosmic Dawn to the Present Universe, 2018, Cambridge, UK; Half a Century of Blazars and Beyond, 2018, Torino, Italy; EWASS 2018, Liverpool, UK) и в публикации, предимно с импакт фактор/ранг, съгласно следния списък:

Статии в списания с IF или SJR:

1. Haritma Gaur, Alok C. Gupta, **R. Bachev**, **A. Strigachev**, **E. Semkov**, P. J. Wiita, O. M. Kurtanidze, A. Darriba, G. Damjanovic, R. G. Chanishvili, S. Ibryamov, S. O. Kurtanidze, M. G. Nikolashvili, L. A. Sigua, O. Vince, Optical Variability of TeV Blazars on long time-scales, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 484, Issue 4, p.5633-5644, 2019, IF=5.194, <https://doi.org/10.1093/mnras/stz322>
2. Gupta, Alok C.; Gaur, Haritma; Wiita, Paul J.; Pandey, A.; Kushwaha, P.; Hu, S. M.; Kurtanidze, O. M.; **Semkov, E.**; Damjanovic, G.; Goyal, A.; Uemura, M.; Darriba, A.; Chen, Xu; Vince, O.; Gu, M. F.; Zhang, Z.; **Bachev, R.**; Chanishvili, R.; Itoh, R.; Kawabata, M.; Kurtanidze, S. O.; Nakaoka, T.; Nikolashvili, M. G.; Stawarz, Ł.; **Strigachev, A.**, Characterizing Optical Variability of OJ 287 in 2016-2017, The Astronomical Journal, Volume 157, Issue 3, article id. 95, pp., 2019, IF=4.15, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/aafe7d/meta>
3. Kushwaha, Pankaj; Gupta, Alok C.; Wiita, Paul J.; Pal, Main; Gaur, Haritma; de Gouveia Dal Pino, E. M.; Kurtanidze, O. M.; **Semkov, E.**; Damjanovic, G.; Hu, S. M.; Uemura, M.; Vince, O.; Darriba, A.; Gu, M. F.; **Bachev, R.**; Chen, Xu; Itoh, R.; Kawabata, M.; Kurtanidze, S. O.; Nakaoka, T.; Nikolashvili, M. G.; Sigua, L. A.; **Strigachev, A.**; Zhang, Z., The ever-surprising blazar OJ 287: multiwavelength study and appearance of a new component in X-rays, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 479, Issue 2, p.1672-1684, 2018, IF=5.194, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty1499>
4. **Bachev, R.**; **Strigachev, A.**; Mukhopadhyay, B., Searching for deterministic chaos in Kepler light curve of the Seyfert 1 AGN Zw229-015, Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 29, p. 74, SJR=0.174, <http://www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n29/RBachev.pdf>
5. **Daniela P. Kirilova**, Emmanuil M. Chizhov, Cosmological Constraints on Chiral Tensor Particles, Int. J. Mod. Phys. A, Vol. 34 (2019) 1950065 (8 pages), SJR =0.54, World Scientific Publishing Company, <https://doi.org/10.1142/S0217751X19500659>
6. **Mihov, B.**, **Slavcheva-Mihova, L.**, A study of the high-luminosity quasar HS 1946+7658, AIP Conference Proceedings, Conference: 10th Jubilee International Conference of the Balkan Physical Union, Editors: Todor M. Mishonov and Albert M. Varonov, Volume 2075, Issue 1, id.090020, SJR=0.165, <https://doi.org/10.1063/1.5091234>
7. **Daniela P. Kirilova**, Emmanuil M. Chizhov, Chiral tensor particles in the early Universe- BBN Constraints , AIP Conf. Proceedings, 2019, DOI: 10.1063/1.5091229 Conference: 10th Jubilee International Conference of the Balkan Physical Union ISBN: 978-0-7354-1803-5 Editors: Todor M. Mishonov and Albert M. Varonov, Volume 2075, p. 090015 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5091229>
8. **Daniela Kirilova**, Mariana Panayotova, Baryon Asymmetry of the Universe Generated by Scalar Field Condensate Baryogenesis Model in Different Inflationary Scenarios, AIP Conf.

Proceedings, 2019, DOI: 10.1063/1.5091229, Conference: 10th Jubilee International Conference of the Balkan Physical Union ISBN: 978-0-7354-1803-5 Editors: Todor M. Mishonov and Albert M. Varonov , v. 2075, p. 090017 (2019); , SJR=0.165, <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5091231>

9. Slavcheva-Mihova, L., Mihov, B., IRAS 16511+2354: A type II quasar, AIP Conference Proceedings, Conference: 10th Jubilee International Conference of the Balkan Physical Union, Editors: Todor M. Mishonov and Albert M. Varonov, Volume 2075, Issue 1, id.090019, SJR=0.165, <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5091233>

Обобщение на резултатите, отразени в публикации:

Три статии с общ IF = 14.538;

Шест статии с общ SJR = 1.374.

Презентации на конференции:

Четирите статии с номера 6, 7, 8 и 9 от горния списък са базирани на презентации/постери, представени в списъка. Следва списък на други презентации/постери:

1. D.P. Kirilova, On lepton asymmetry neutrino oscillations interplay, BBN and the problem of dark radiation, Proceedings of the 53rd Rencontres de Moriond, 2018 Very High Energy Phenomena in the Universe, La Thuile (Italy) March 17-24, 2018, pp 379-381 Edited by Étienne Augé, Jacques Dumarchez and Jean Trân Thanh Vân Published by ARISF, 2018

2. D.P. Kirilova, BBN cosmological constraints on Physics Beyond the Standard Model, Proc. of the XI Bulgarian-Serbian Astronomical Conference, Belogradchik, Bulgaria, May 14-18, 2018, eds. M. Tsvetkov, M. Dimitrijevic and M. Dechev, Beograd, 2018; Publ. Astron. Soc. "Rudjer Boskovic" 18, Belgrade, November, 2018, p. 23-35 (invited review talk)

3. Rosa Victoria Muñoz Dimitrova, Rumen Bachev, Galaxies with supermassive black hole binaries – the case of 3C66B, The European Week of Astronomy and Space Science (EWASS), 2018

4. Slavcheva-Mihova, L., Mihov, B., "Star Formation in Type II Quasar Host Galaxies", a poster presented at the conference "The Laws of Star Formation: From the Cosmic Dawn to the Present Universe", 2018, Cambridge, UK.

5. Slavcheva-Mihova, L., Mihov, B., "Multi-band Intra-night Variability of the Blazar CTA 102 During its December 2016 Outburst", a poster presented at the conference "Half a Century of Blazars and Beyond", 2018, Torino, Italy

6. Slavcheva-Mihova, L., Mihov, B., "Radio Morphology as a Probe of the Environment: the Radio Galaxy 3C 382", a poster presented at the Focus Meeting "Radio Galaxies: Resolving the AGN phenomenon" at the XXXth General Assembly of the International Astronomical Union, 2018, Vienna, Austria

РП1.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта.

Изучена е променливостта на блясъка и еволюцията на спектралното разпределение на енергията на различни времеви скали и за състояния с различен блясък за блазарите S4 0954+65, 4C 71.07, СТА 102, BL Lacertae, Mrk 421 и 3C 279. Изследвани са възможните модели, водещи до наблюдаваната еволюция в блясъка и спектралното разпределение на енергията при тези блазари като в повечето случаи геометричният модел дава по-добро съгласие с наблюденията. Изследвана е детайлно историческата крива на блясъка на блазара PG 1553+113 и е детектиран втори период; оценени са и някои параметри на джета. Намерено е, че наблюдаемите времена на закъснение между променливостта в различни филтри за сийфъртовата галактика Ark 120 са по-големи от очакваните съгласно стандартната акреционна теория. С това Ark 120 става поредната активна галактика с акреционен диск с размери по-големи от теоретично предсказаните.

Представени са няколко космологични ограничения, получени в наши публикации, касаещи физични модели с неравновесни процеси в ранната Вселена, които представляват физика отвъд Стандартния модел, включващи неутринни осцилации, процеси със значителна лептонна асиметрия, със стерилни неутрино, с кирални тензорни частици и др. Изследвали сме числено различни инфлационни сценарии, над 10 на брой, сред които хаотична инфлация, нова инфлация, модел на Старобински, инфлация в SUSY, инфлация в супергравитационни модели, в които сме показали възможността за производство на барионна асиметрия на Вселената. Разгледали сме няколко възможни случая на рехийтинг след инфлационния стадий. Определили сме няколко модела, в които е възможна генерация на барионна асиметрия равна на наблюдаваната барионна асиметрия в околности до 20 Мегапарсека, а именно инфлация според модела на Старобински, квинтесцентна инфлация, хаотична инфлация с ниска температура на рихитинг, хаотична инфлация в СУГРА.

Резултатите от реализацията на проекта за този етап са представени на международни конференции както следва:

- *Nuclear Physics in Astrophysics IX conference, 15.09 -20.09 2019, Castle Waldthausen, Франкфурт, Германия:*
 1. постер: **Daniela Kirilova**, Emanuil Chizhov, Vassillen Chizhov: Several BBN Constraints on Beyond Standard Model Physics;

- *XII Serbian-Bulgarian astronomical conference held in Sokobanja, Serbia, September 25-29, 2020, <http://poincare.matf.bg.ac.rs/~andjelka/12sbak/index.html>:*
 1. постер: **B. Mihov, L. Slavcheva-Mihova**: DATA MINING: ANALYSIS OF THE HQM

AND JOMPQ LIGHT CURVES OF AGNs;

2. постер: **B. Mihov, L. Slavcheva-Mihova**: INTRA-NIGHT MONITORING OF THE BLAZAR 0716+714: RESULTS FROM THE 2011 CAMPAIGN;
3. постер: **L. Slavcheva-Mihova, B. Mihov**: STAR FORMATION IN THE HOST GALAXIES OF RADIO-QUIET QUASARS;
4. постер: **L. Slavcheva-Mihova, B. Mihov**: BLACK HOLE MASSES AND BROAD LINE REGION GEOMETRY OF QUASARS;
5. доклад: **D. Kirilova**, M. Panayotova, Inflationary models, reheating and scalar field condensate baryogenesis;

- *XIX Serbian astronomical conference held in Belgrade, Serbia, October 13-17, 2020, <http://astro.math.rs/kas19/index.php?page=home>:*

1. постер: **L. Slavcheva-Mihova, B. Mihov**: Spectral energy distribution of Mrk 509;
2. доклад: **D. Kirilova** and M. Panayotova, SFC BARYOGENESIS MODEL, INFLATIONARY SCENARIOS AND REHEATING IN THE UNIVERSE;

- *IAU Symposium 362 „THE PREDICTIVE POWER OF COMPUTATIONAL ASTROPHYSICS AS A DISCOVERY TOOL“, 8-12.11.2021:*

1. доклад: Mariana Panayotova, **Daniela Kirilova**: Favoured Inflationary Models by SFC Baryogenesis.

и в публикации съгласно следния списък:

1. Markowitz, Alex G.; Nalewajko, Krzysztof; Bhatta, Gopal; Dewangan, Gulab C.; Chandra, Sunil; Dorner, Daniela; Schleicher, Bernd; Pajdosz-Śmierciak, Urszula; Stawarz, Łukasz; Zola, Staszek; Ostrowski, Michał; Carosati, Daniele; Krishnan, Saikruba; **Bachev, Rumen**; Benítez, Erika; Gazeas, Kosmas; Hiriart, David; Hu, Shao-Ming; Larionov, Valeri; Marchini, Alessandro; Matsumoto, Katsura; Nikiforova, A. A.; Pursimo, Tapio; Raiteri, Claudia M.; Reichart, Daniel E.; Rodriguez, Diego; **Semkov, Evgeni**; **Strigachev, Anton**; Sugiura, Yuki; Villata, Massimo; Webb, James R.; Arbet-Engels, Axel; Baack, Dominik; Balbo, Matteo; Biland, Adrian; Bretz, Thomas; Buss, Jens; Eisenberger, Laura; Elsaesser, Dominik; Hildebrand, Dorothee; Iotov, Roman; Kalenski, Adelina; Mannheim, Karl; Mitchell, Alison; Neise, Dominik; Noethe, Maximilian; Paravac, Aleksander; Rhode, Wolfgang; Sliusar, Vitalii; Walter, Roland, “Rapid X-ray Variability in Mkn 421 during a Multiwavelength Campaign”, 2022, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 513, Issue 2, pp. 1662–1679, Q1, IF=5.287, <https://academic.oup.com/mnras/article-abstract/513/2/1662/6564721?redirectedFrom=fulltext>
2. Agarwal, Aditi; **Mihov, B.**; Andruchow, I.; Cellone, Sergio A.; Anupama, G. C.; Agrawal, V.; Zola, S.; Özdönmez, Aykut; Ege, Ergün, “Optical flux and spectral characterization of the blazar PG 1553 + 113 based on the past 15 years of data”, 2022, Journal of Astrophysics and Astronomy, Volume 43, Issue 1, article id.9, Q2, IF=1.270, <https://link.springer.com/article/10.1007/s12036-021-09793-5>
3. Raiteri, C. M.; Villata, M.; Larionov, V. M.; Jorstad, S. G.; Marscher, A. P.; Weaver, Z. R.; Acosta-Pulido, J. A.; Agudo, I.; Andreeva, T.; Arkharov, A.; **Bachev, R.**;

- Benítez, E.; Berton, M.; Björklund, I.; Borman, G. A.; Bozhilov, V.; Carnerero, M. I.; Carosati, D.; Casadio, C.; Chen, W. P.; Damjanovic, G.; D'Ammando, F.; Escudero, J.; Fuentes, A.; Giroletti, M.; Grishina, T. S.; Gupta, A. C.; Hagen-Thorn, V. A.; Hart, M.; Hiriart, D.; Hou, W. -J.; Ivanov, D.; Kim, J. -Y.; Kimeridze, G. N.; Konstantopoulou, C.; Kopatskaya, E. N.; Kurtanidze, O. M.; Kurtanidze, S. O.; Lähteenmäki, A.; Larionova, E. G.; Larionova, L. V.; Marchili, N.; Markovic, G.; Minev, M.; Morozova, D. A.; Myserlis, I.; Nakamura, M.; Nikiforova, A. A.; Nikolashvili, M. G.; Otero-Santos, J.; Ovcharov, E.; Pursimo, T.; Rahimov, I.; Righini, S.; Sakamoto, T.; Savchenko, S. S.; **Semkov, E. H.**; Shakhovskoy, D.; Sigua, L. A.; Stojanovic, M.; **Strigachev, A.**; Thum, C.; Tornikoski, M.; Traianou, E.; Troitskaya, Y. V.; Troitskiy, I. S.; Tsai, A.; Valcheva, A.; Vasilyev, A. A.; Vince, O.; Zaharieva, E., “The complex variability of blazars: time-scales and periodicity analysis in S4 0954+65”, 2021, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 504, Issue 4, pp.5629-5646, Q1, IF=5.287, <https://academic.oup.com/mnras/article-abstract/504/4/5629/6270904?redirectedFrom=fulltext>
4. **Bachev, R.**; **Strigachev, A.**; **Kurtenkov, A.**; Spassov, B.; **Nikolov, Y.**; **Boeva, S.**; **Semkov, E.**, “Optical follow-up of TXS 0506+056 after the neutrino detection”, 2021, Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 34, p. 79, Q4, SJR=0.260, <https://astro.bas.bg/AIJ/issues/n34/RBachev.pdf>
 5. Agarwal, A.; **Mihov, B.**; Andruchow, I.; Cellone, S. A.; Anupama, G. C.; Agrawal, V.; Zola, S.; **Slavcheva-Mihova, L.**; Özdönmez, A.; Ege, Ergün; Raj, A.; Mammana, L.; Zibecchi, L.; Fernández-Lajús, E., “Multi-band behaviour of the TeV blazar PG 1553+113 in optical range on diverse timescales. Flux and spectral variations”, 2021, Astronomy & Astrophysics, Volume 645, id.A137, 20 pp., Q1, IF=5.802, https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2021/01/aa39301-20/aa39301-20.html
 6. Weaver, Z. R.; Williamson, K. E.; Jorstad, S. G.; Marscher, A. P.; Larionov, V. M.; Raiteri, C. M.; Villata, M.; Acosta-Pulido, J. A.; **Bachev, R.**; Baida, G. V.; Balonek, T. J.; Benítez, E.; Borman, G. A.; Bozhilov, V.; Carnerero, M. I.; Carosati, D.; Chen, W. P.; Damjanovic, G.; Dhiman, V.; Dougherty, D. J.; Ehgamberdiev, S. A.; Grishina, T. S.; Gupta, A. C.; Hart, M.; Hiriart, D.; Hsiao, H. Y.; Ibryamov, S.; Joner, M.; Kimeridze, G. N.; Kopatskaya, E. N.; Kurtanidze, O. M.; Kurtanidze, S. O.; Larionova, E. G.; Matsumoto, K.; Matsumura, R.; Minev, M.; Mirzaqulov, D. O.; Morozova, D. A.; Nikiforova, A. A.; Nikolashvili, M. G.; Ovcharov, E.; Rizzi, N.; Sadun, A.; Savchenko, S. S.; **Semkov, E.**; Slater, J. J.; Smith, K. L.; Stojanovic, M.; **Strigachev, A.**; Troitskaya, Yu. V.; Troitskiy, I. S.; Tsai, A. L.; Vince, O.; Valcheva, A.; Vasilyev, A. A.; Zaharieva, E.; Zhovtan, A. V., “Multiwavelength Variability of BL Lacertae Measured with High Time Resolution” 2020, The Astrophysical Journal, Volume 900, Issue 2, id.137, 26 pp., Q1, IF=5.874, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/aba693>
 7. MAGIC Collaboration; Acciari, V. A.; Ansoldi, S.; Antonelli, L. A.; Arbet Engels, A.; Baack, D.; Babić, A.; Banerjee, B.; Barres de Almeida, U.; Barrio, J. A.; Becerra González, J.; Bednarek, W.; Bellizzi, L.; Bernardini, E.; Berti, A.; Besenrieder, J.; Bhattacharyya, W.; Bigongiari, C.; Biland, A.; Blanch, O.; Bonnoli, G.; Bošnjak, Ž.; Busetto, G.; Carosi, R.; Ceribella, G.; Cerruti, M.; Chai, Y.; Chilingarian, A.; Cikota, S.; Colak, S. M.; Colin, U.; Colombo, E.; Contreras, J. L.; Cortina, J.; Covino, S.;

- D'Amico, G.; D'Elia, V.; da Vela, P.; Dazzi, F.; de Angelis, A.; de Lotto, B.; Delfino, M.; Delgado, J.; Depaoli, D.; di Pierro, F.; di Venere, L.; Do Souto Espiñeira, E.; Dominis Prester, D.; Donini, A.; Dorner, D.; Doro, M.; Elsaesser, D.; Fallah Ramazani, V.; Fattorini, A.; Ferrara, G.; Foffano, L.; Fonseca, M. V.; Font, L.; Fruck, C.; Fukami, S.; García López, R. J.; Garczarczyk, M.; Gasparyan, S.; Gaug, M.; Giglietto, N.; Giordano, F.; Gliwny, P.; Godinović, N.; Green, D.; Hadasch, D.; Hahn, A.; Herrera, J.; Hoang, J.; Hrupec, D.; Hütten, M.; Inada, T.; Inoue, S.; Ishio, K.; Iwamura, Y.; Jouvin, L.; Kajiwara, Y.; Karjalainen, M.; Kerszberg, D.; Kobayashi, Y.; Kubo, H.; Kushida, J.; Lamastra, A.; Lelas, D.; Leone, F.; Lindfors, E.; Lombardi, S.; Longo, F.; López, M.; López-Coto, R.; López-Oramas, A.; Loporchio, S.; Machado de Oliveira Fraga, B.; Maggio, C.; Majumdar, P.; Makariev, M.; Mallamaci, M.; Maneva, G.; Manganaro, M.; Mannheim, K.; Maraschi, L.; Mariotti, M.; Martínez, M.; Mazin, D.; Mender, S.; Mićanović, S.; Miceli, D.; Miener, T.; Minev, M.; Miranda, J. M.; Mirzoyan, R.; Molina, E.; Moralejo, A.; Morcuende, D.; Moreno, V.; Moretti, E.; Munar-Adrover, P.; Neustroev, V.; Nigro, C.; Nilsson, K.; Ninci, D.; Nishijima, K.; Noda, K.; Nogués, L.; Nozaki, S.; Ohtani, Y.; Oka, T.; Otero-Santos, J.; Palatiello, M.; Paneque, D.; Paoletti, R.; Paredes, J. M.; Pavletić, L.; Peñil, P.; Peresano, M.; Persic, M.; Prada Moroni, P. G.; Prandini, E.; Puljak, I.; Rhode, W.; Ribó, M.; Rico, J.; Righi, C.; Rugliancich, A.; Saha, L.; Sahakyan, N.; Saito, T.; Sakurai, S.; Satalecka, K.; Schleicher, B.; Schmidt, K.; Schweizer, T.; Sitarek, J.; Šnidarić, I.; Sobczynska, D.; Spolon, A.; Stamerra, A.; Strom, D.; Strzys, M.; Suda, Y.; Surić, T.; Takahashi, M.; Tavecchio, F.; Temnikov, P.; Terzić, T.; Teshima, M.; Torres-Albà, N.; Tosti, L.; van Scherpenberg, J.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.; Ventura, S.; Verguilov, V.; Vigorito, C. F.; Vitale, V.; Vovk, I.; Will, M.; Zarić, D.; Nievas-Rosillo, M.; Arcaro, C.; D'Ammando, F.; de Palma, F.; Hodges, M.; Hovatta, T.; Kiehlmann, S.; Max-Moerbeck, W.; Readhead, A. C. S.; Reeves, R.; Takalo, L.; Reinthal, R.; Jormanainen, J.; Wierda, F.; Wagner, S. M.; Berdyugin, A.; Nabizadeh, A.; Talebpour Sheshvan, N.; Oksanen, A.; **Bachev, R.**; **Strigachev, A.**; Kehusmaa, P., "Testing two-component models on very high-energy gamma-ray-emitting BL Lac objects", 2020, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 640, id.A132, 29 pp., Q1, IF=5.802, https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2020/08/aa37811-20/aa37811-20.html
8. Acciari, V. A.; Ansoldi, S.; Antonelli, L. A.; Arbet Engels, A.; Baack, D.; Babić, A.; Banerjee, B.; Barres de Almeida, U.; Barrio, J. A.; Becerra González, J.; Bednarek, W.; Bellizzi, L. K.; Bernardini, E.; Berti, A.; Besenrieder, J.; Bhattacharyya, W.; Bigongiari, C.; Biland, A.; Blanch, O.; Bonnoli, G.; Bošnjak, Ž.; Busetto, G.; Carosi, R.; Ceribella, G.; Cerruti, M.; Chai, Y.; Chilingarian, A.; Cikota, S.; Colak, S. M.; Colin, U.; Colombo, E.; Contreras, J. L.; Cortina, J.; Covino, S.; D'Elia, V.; da Vela, P.; Dazzi, F.; de Angelis, A.; de Lotto, B.; Del Puppo, F.; Delfino, M.; Delgado, J.; Depaoli, D.; di Pierro, F.; di Venere, L.; Do Souto Espiñeira, E.; Prester, D. Dominis; Donini, A.; Dorner, D.; Doro, M.; Elsaesser, D.; Ramazani, V. Fallah; Fattorini, A.; Ferrara, G.; Foffano, L.; Fonseca, M. V.; Font, L.; Fruck, C.; Fukami, S.; García López, R. J.; Garczarczyk, M.; Gasparyan, S.; Gaug, M.; Giglietto, N.; Giordano, F.; Gliwny, P.; Godinović, N.; Green, D.; Hadasch, D.; Hahn, A.; Hassan, T.; Herrera, J.; Hoang, J.; Hrupec, D.; Hütten, M.; Inada, T.; Inoue, S.; Ishio, K.; Iwamura, Y.; Jouvin, L.; Kajiwara, Y.; Kerszberg, D.; Kobayashi, Y.; Kubo, H.; Kushida, J.;

- Lamastra, A.; Lelas, D.; Leone, F.; Lindfors, E.; Lombardi, S.; Longo, F.; López, M.; López-Coto, R.; López-Oramas, A.; Loporchio, S.; Machado de Oliveira Fraga, B.; Maggio, C.; Majumdar, P.; Makariev, M.; Mallamaci, M.; Maneva, G.; Manganaro, M.; Mannheim, K.; Maraschi, L.; Mariotti, M.; Martínez, M.; Mazin, D.; Mender, S.; Mićanović, S.; Miceli, D.; Miener, T.; Minev, M.; Miranda, J. M.; Mirzoyan, R.; Molina, E.; Moralejo, A.; Morcuende, D.; Moreno, V.; Moretti, E.; Munar-Adrover, P.; Neustroev, V.; Nigro, C.; Nilsson, K.; Ninci, D.; Nishijima, K.; Noda, K.; Nogués, L.; Nozaki, S.; Ohtani, Y.; Oka, T.; Otero-Santos, J.; Palatiello, M.; Paneque, D.; Paoletti, R.; Paredes, J. M.; Pavletić, L.; Peñil, P.; Peresano, M.; Persic, M.; Moroni, P. G. Prada; Prandini, E.; Puljak, I.; Rhode, W.; Ribó, M.; Rico, J.; Righi, C.; Rugliancich, A.; Saha, L.; Sahakyan, N.; Saito, T.; Sakurai, S.; Satalecka, K.; Schleicher, B.; Schmidt, K.; Schweizer, T.; Sitarek, J.; Šnidarić, I.; Sobczynska, D.; Spolon, A.; Stamerra, A.; Strom, D.; Strzys, M.; Suda, Y.; Surić, T.; Takahashi, M.; Tavecchio, F.; Temnikov, P.; Terzić, T.; Teshima, M.; Torres-Albà, N.; Tosti, L.; van Scherpenberg, J.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.; Ventura, S.; Verguilov, V.; Vigorito, C. F.; Vitale, V.; Vovk, I.; Will, M.; Zarić, D.; MAGIC Collaboration; Finke, J.; D'Ammando, F.; Baloković, M.; Madejski, G.; Mori, K.; Puccetti, Simonetta; Leto, C.; Perri, M.; Verrecchia, F.; Villata, M.; Raiteri, C. M.; Agudo, I.; **Bachev, R.**; Berdyugin, A.; Blinov, D. A.; Chanishvili, R.; Chen, W. P.; Chigladze, R.; Damjanovic, G.; Eswaraiyah, C.; Grishina, T. S.; Ibryamov, S.; Jordan, B.; Jorstad, S. G.; Joshi, M.; Kopatskaya, E. N.; Kurtanidze, O. M.; Kurtanidze, S. O.; Larionova, E. G.; Larionova, L. V.; Larionov, V. M.; **Latev, G.**; Lin, H. C.; Marscher, A. P.; Mokrushina, A. A.; Morozova, D. A.; Nikolashvili, M. G.; **Semkov, E.**; Smith, P. S.; **Strigachev, A.**; Troitskaya, Yu. V.; Troitsky, I. S.; Vince, O.; Barnes, J.; Güver, T.; Moody, J. W.; Sadun, A. C.; Hovatta, T.; Richards, J. L.; Max-Moerbeck, W.; Readhead, A. C. S.; Lähteenmäki, A.; Tornikoski, M.; Tammi, J.; Ramakrishnan, V.; Reinthal, R., “Unraveling the Complex Behavior of Mrk 421 with Simultaneous X-Ray and VHE Observations during an Extreme Flaring Activity in 2013 April”, 2020, The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 248, Issue 2, id.29, Q1, IF=8.136, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ab89b5>
9. Lobban, A. P.; Zola, S.; Pajdosz-Śmierciak, U.; Braitto, V.; Nardini, E.; Bhatta, G.; Markowitz, A.; **Bachev, R.**; Carosati, D.; Caton, D. B.; Damjanovic, G.; Dębski, B.; Haislip, J. B.; Hu, S. M.; Kouprianov, V.; Krzesiński, J.; Porquet, D.; Pozo Nuñez, F.; Reeves, J.; Reichart, D. E., “X-ray, UV, and optical time delays in the bright Seyfert galaxy Ark 120 with co-ordinated Swift and ground-based observations”, 2020, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 494, Issue 1, pp.1165-1179, Q1, IF=5.287, <https://academic.oup.com/mnras/article/494/1/1165/5780237>
10. Larionov, V. M.; Jorstad, S. G.; Marscher, A. P.; Villata, M.; Raiteri, C. M.; Smith, P. S.; Agudo, I.; Savchenko, S. S.; Morozova, D. A.; Acosta-Pulido, J. A.; Aller, M. F.; Aller, H. D.; Andreeva, T. S.; Arkharov, A. A.; **Bachev, R.**; Bonnoli, G.; Borman, G. A.; Bozhilov, V.; Calcidese, P.; Carnerero, M. I.; Carosati, D.; Casadio, C.; Chen, W.-P.; Damjanovic, G.; Dementyev, A. V.; Di Paola, A.; Frasca, A.; Fuentes, A.; Gómez, J. L.; González-Morales, P.; Giunta, A.; Grishina, T. S.; Gurwell, M. A.; Hagen-Thorn, V. A.; Hovatta, T.; Ibryamov, S.; Joshi, M.; Kiehlmann, S.; Kim, J. -Y.; Kimeridze, G. N.; Kopatskaya, E. N.; Kovalev, Yu A.; Kovalev, Y. Y.; Kurtanidze, O. M.; Kurtanidze, S. O.; Lähteenmäki, A.; Lázaro, C.; Larionova, L. V.;

- Larionova, E. G.; Leto, G.; Marchini, A.; Matsumoto, K.; **Mihov, B.**; Minev, M.; Mingaliev, M. G.; Mirzaqulov, D.; **Muñoz Dimitrova, R. V.**; Myserlis, I.; Nikiforova, A. A.; Nikolashvili, M. G.; Nizhelsky, N. A.; Ovcharov, E.; Pressburger, L. D.; Rakhimov, I. A.; Righini, S.; Rizzi, N.; Sadakane, K.; Sadun, A. C.; Samal, M. R.; Sanchez, R. Z.; **Semkov, E.**; Sergeev, S. G.; Sigua, L. A.; **Slavcheva-Mihova, L.**; Sola, P.; Sotnikova, Yu V.; **Strigachev, A.**; Thum, C.; Traianou, E.; Troitskaya, Yu V.; Troitsky, I. S.; Tsybulev, P. G.; Vasilyev, A. A.; Vince, O.; Weaver, Z. R.; Williamson, K. E.; Zhekanis, G. V., “Multiwavelength behaviour of the blazar 3C 279: decade-long study from γ -ray to radio”, 2020, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 492, Issue 3, p.3829-3848, Q1, IF=5.287, <https://academic.oup.com/mnras/article/492/3/3829/5700737>
11. Pandey, Ashwani; Gupta, Alok C.; Kurtanidze, Sofia O.; Wiita, Paul J.; Damjanovic, G.; **Bachev, R.**; Zhang, Jin; Kurtanidze, O. M.; Darriba, A.; Chigladze, R. A.; **Latev, G.**; Nikolashvili, M. G.; **Peneva, S.**; **Semkov, E.**; **Strigachev, A.**; Tiwari, S. N.; Vince, O., “Optical Variability of the TeV Blazar 1ES 0806+524 on Diverse Timescales”, 2020, The Astrophysical Journal, Volume 890, Issue 1, id.72, 11 pp., Q1, IF=5.874, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab698e>
12. D'Ammando, F.; Raiteri, C. M.; Villata, M.; Acosta-Pulido, J. A.; Agudo, I.; Arkharov, A. A.; **Bachev, R.**; Baida, G. V.; Benítez, E.; Borman, G. A.; Boschini, W.; Bozhilov, V.; Butuzova, M. S.; Calciolone, P.; Carnerero, M. I.; Carosati, D.; Casadio, C.; Castro-Segura, N.; Chen, W. -P.; Damjanovic, G.; Di Paola, A.; Echevarría, J.; Efimova, N. V.; Ehgamberdiev, Sh A.; Espinosa, C.; Fuentes, A.; Giunta, A.; Gómez, J. L.; Grishina, T. S.; Gurwell, M. A.; Hiriart, D.; Jermak, H.; Jordan, B.; Jorstad, S. G.; Joshi, M.; Kimeridze, G. N.; Kopatskaya, E. N.; Kuratov, K.; Kurtanidze, O. M.; Kurtanidze, S. O.; Lähteenmäki, A.; Larionov, V. M.; Larionova, E. G.; Larionova, L. V.; Lázaro, C.; Lin, C. S.; Malmrose, M. P.; Marscher, A. P.; Matsumoto, K.; McBreen, B.; Michel, R.; **Mihov, B.**; Minev, M.; Mirzaqulov, D. O.; Molina, S. N.; Moody, J. W.; Morozova, D. A.; Nazarov, S. V.; Nikiforova, A. A.; Nikolashvili, M. G.; Ohlert, J. M.; Okhmat, N.; Ovcharov, E.; Pinna, F.; Polakis, T. A.; Protasio, C.; Pursimo, T.; Redondo-Lorenzo, F. J.; Rizzi, N.; Rodriguez-Coira, G.; Sadakane, K.; Sadun, A. C.; Samal, M. R.; Savchenko, S. S.; **Semkov, E.**; Sigua, L.; Skiff, B. A.; **Slavcheva-Mihova, L.**; Smith, P. S.; Steele, I. A.; **Strigachev, A.**; Tammi, J.; Thum, C.; Tornikoski, M.; Troitskaya, Yu V.; Troitsky, I. S.; Vasilyev, A. A.; Vince, O.; WEBT Collaboration; Hovatta, T.; Kiehlmann, S.; Max-Moerbeck, W.; Readhead, A. C. S.; Reeves, R.; Pearson, T. J.; OVRO Team; Mufakharov, T.; Sotnikova, Yu V.; Mingaliev, M. G., “Investigating the multiwavelength behaviour of the flat spectrum radio quasar CTA 102 during 2013-2017”, 2019, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 490, Issue 4, p.5300-5316, Q1, IF=5.356, <https://academic.oup.com/mnras/article/490/4/5300/5584354>
13. Raiteri, C. M.; Villata, M.; Carnerero, M. I.; Acosta-Pulido, J. A.; Mirzaqulov, D. O.; Larionov, V. M.; Romano, P.; Vercellone, S.; Agudo, I.; Arkharov, A. A.; Bach, U.; **Bachev, R.**; Baitieri, S.; Borman, G. A.; Boschini, W.; Bozhilov, V.; Butuzova, M. S.; Calciolone, P.; Carosati, D.; Casadio, C.; Chen, W. -P.; Damjanovic, G.; Di Paola, A.; Doroshenko, V. T.; Efimova, N. V.; Ehgamberdiev, Sh A.; Giroletti, M.; Gómez, J. L.; Grishina, T. S.; Ibryamov, S.; Jermak, H.; Jorstad, S. G.; Kimeridze, G. N.; Klimanov, S. A.; Kopatskaya, E. N.; Kurtanidze, O. M.; Kurtanidze, S. O.;

- Lähtenmäki, A.; Larionova, E. G.; Marscher, A. P.; **Mihov, B.**; Minev, M.; Molina, S. N.; Moody, J. W.; Morozova, D. A.; Nazarov, S. V.; Nikiforova, A. A.; Nikolashvili, M. G.; Ovcharov, E.; **Peneva, S.**; Righini, S.; Rizzi, N.; Sadun, A. C.; Samal, M. R.; Savchenko, S. S.; **Semkov, E.**; Sigua, L. A.; **Slavcheva-Mihova, L.**; Steele, I. A.; **Strigachev, A.**; Tornikoski, M.; Troitskaya, Yu V.; Troitsky, I. S.; Vince, O., “The beamed jet and quasar core of the distant blazar 4C 71.07”, 2019, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 489, Issue 2, p.1837-1849, Q1, IF=5.356, <https://academic.oup.com/mnras/article/489/2/1837/5550753>
14. Agarwal, Aditi; Cellone, Sergio A.; Andruchow, Ileana; Mammana, Luis; Singh, Mridweeka; Anupama, G. C.; **Mihov, B.**; Raj, Ashish; **Slavcheva-Mihova, L.**; Özdönmez, Aykut; Ege, Ergün, “Multiband optical variability of 3C 279 on diverse time-scales”, 2019, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 488, Issue 3, p.4093-4105, Q1, IF=5.356, <https://academic.oup.com/mnras/article-abstract/488/3/4093/5536952?redirectedFrom=fulltext>

Следните публикации са базирани на постери и доклади изнесени на научни конференции (виж списъка с участията на конференции) и са публикувани в сборниците с трудове от съответните конференции:

Daniela Kirilova, Emanuil Chizhov, Vassillen Chizhov,
 “Several BBN Constraints on Beyond Standard Model Physics”,
 Journal of Physics: Conference Series, Volume 1668, (2020) 012022, Nuclear Physics in
 Astrophysics IX (NPA-IX), 15-20 September 2019, Frankfurt, Germany, doi:10.1088/1742-
 6596/1668/1/012022
 Q3, SJR=0.221, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1668/1/012022>

D. Kirilova, M. Panayotova,
 “Inflationary models, reheating and scalar field condensate baryogenesis”,
 Proc. of the 12 SB Astronomical Conference, 25-29 September 2020, Sokobanja, Serbia,
 Publications of Astronomical Society "Rudjer Bošković", December 2020, N 20, p.39-41. ISBN
 978-86-89035-15-5

D. Kirilova and M. Panayotova,
 “SFC baryogenesis model, inflationary scenarios and reheating in the Universe”,
 PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL OBSERVATORY OF BELGRAD, 2021,
 PROCEEDINGS of the XIX Serbian Astronomical Conference Belgrade, October 13 – 17, 2020,
 v. 100, 2021, pp. 259-266, ISSN 0373 3742
<https://publications.aob.rs/100/pdf/259-266.pdf>
<http://astro.math.rs/kas19/index.php?page=proceedings>

Mariana Panayotova and **Daniela Kirilova**,
 ”Favoured Inflationary Models by SFC Baryogenesis”,
 Predictive Power of Computational Astrophysics as a Discovery Tool, Proceedings IAU
 Symposium No. 362, 2022

Друг резултат, постигнат по време на изпълнението на проекта, е свързан с израстването на младите учени. Повишен бе научния капацитет и подготовката на докторанта Роса В. М. Димитрова-Гаммелтофт: запознаване с наблюдателната техника и съвремените методи за обработка и анализ на наблюденията, възможност за представяне на резултатите на международен научен форум. В резултат на това, в рамките на този етап, докторантът Р. Димитрова покри изискванията и бе отчислен с право на защита.

РП1.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати през отчетния период

Резултатите, постигнати през отчетния период, значително надвишават планираните. За първи етап бе планирано (1) получаване на наблюдателен материал, (2) анализ на получените данни и подготовка за публикуване и (3) публикуване на 2 статии – (1) и (2) са изпълнени, а по точка (3) се отчитат 3 статии с IF и 6 статии с SJR (виж т. РП1.4 в този отчет). Няколко обстоятелства допринесоха за постигането на резултати по-големи от планираните. Първото от тях е въвеждането в експлоатация на нови детектори (CCD камери от най-ново поколение) в началото на изпълнение на проекта. Новите детектори се характеризират с по-висока чувствителност в целия видим диапазон на електромагния спектър, по-високо отношение сигнал/шум при еднакви други условия и подтискане на интерференчните ивици „замърсяващи“ червения край на спектрите и изображенията (фринджинг). Тези подобрени характеристики доведоха до по-ефективно използване на наблюденията с 2-метровия телескоп на Националната астрономическа обсерватория, което от своя страна оказва положителен ефект върху изпълнението на първата дейност, заложен в работния пакет - получаването на нов наблюдателен материал. Друго подобрение, от изключително значение за ускоряване на дейностите по проекта бе подобряване на комукационната инфраструктура, включващо оптимизиране на локалната мрежа в Института по астрономия в София и в НАО Рожен, както и оптичното свързване на НАО към Българската Образователна и Изследователска Мрежа (БИО), а чрез нея и към Европейското изследователско пространство, GEANT. Инфраструктурните подобрения, в комбинация с високата квалификация на членовете на екипа на проекта и успешното включване на младите учени в изпълнението на планираните дейности, доведоха до постигане на целите на проекта и на допълнителни резултати през отчетния период. По-големият брой публикации, в които е цитирана финансовата подкрепа на договора се дължи частично и на ковид пандемията, която принуди много членове на научния колектив да работят дистанционно и по този начин да спестяват време за пътуване до своите институтски офиси.

РП2: Ранни етапи на звездната еволюция - синергия на наблюденията с теорията

РП2.1: Планирани дейности (от проектното предложение)

Планираните дейности в РП2 на проекта за първи етап на проекта бяха разпределени в три групи: (1) Получаване на наблюдения, (2) Анализ на получените наблюдения и (3) Подготвяне на публикации с резултатите в списания с импакт фактор/ранг.

РП2.2: Осъществени дейности през отчетния период

Трите планирани дейности са извършени успешно през първия етап на договора. Получен е наблюдателен материал с използването на 2-м и 50/70-см телескопи на НАО Рожен. Проведени са фотометрични наблюдения на звездни обекти с телескопите в НАО Рожен. Изследвани са предимно звезди в начални етапи от еволюцията им, които се намират преди Главната последователност. Материалът е обработен и анализиран съевременно. Наблюденията са обработени с плоски полета, токове на тъмно и е изваден електронния шум. Звездите и стандартите около тях са измерени с апертурна фотометрия. Получените резултати са анализирани и подготвени за публикуване. Повишен бе научния капацитет и подготовката на докторанта Асен Мутафов: запознаване с наблюдателната техника и съвремените методи за обработка и анализ на наблюденията, възможност за представяне на резултатите на международен научен форум.

РП2.3: Очаквани резултати (от проектното предложение)

За първи етап на проекта са планирани минимум 2 публикации в списания с импакт фактор/ранг, представяния на национални и международни конференции, разпространение на резултатите сред широката общественост.

РП2.4: Постигнати резултати по време на проекта

През първия етап са публикувани общо седем статии, от които три в списания с импакт фактор, две в списания с импакт ранг и две в реферирани списания без импакт фактор/ранг. От статиите с импакт фактор една е в най-високата категория Q1, а останалите в Q3 и Q4. Представени са два устни и един постерен доклад на научни конференции, две от които в чужбина и една в България. Получените резултати надвишават планираните за първия период от договора резултати. Следва списък на излезлите от печат статии:

1. Ibryamov, S., **Semkov, E., Peneva, S.**, V2492 Cygni: Optical BVRI variability during the period 2010-2017, 2018, *PASA*, **35**, e007, IF=4.630, Q1, <https://doi.org/10.1017/pasa.2018.2>

2. Ibryamov, S., **Semkov, E., Peneva, S.**, Karadeniz, U., Multicolor photometric behavior of the young stellar object V1704 Cygni, 2018, *BlgAJ*, **29**, 10-18, SJR=0.158, <http://astro.bas.bg/AIJ/issues/n29/SIbryamov.pdf>

3. Ibryamov, S., **Semkov, E.**, Milanov, T., **Peneva, S.**, Long-term BVRI photometric light curves of 15 PMS stars in the IC 5070 star-forming region, 2018, *RAA*, **18**, art. id. 137, IF=1.227, Q3, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1674-4527/18/11/137>

4. **Mutafov, A. S., Semkov, E. H., Peneva, S. P.**, Ibryamov, S. I., Photometric Study of UX Ori Type Stars GM Cep and V1180 Cas, 2018, *Publ. Astron. Soc. "Rudjer Bošković"*, **18**, 229-237, реферирана, без импакт фактор

5. **Semkov, E.**, Ibryamov, S. **Peneva, S., Mutafov, A.**, Long-term Photometric Monitoring of FUor andFUor-like Objects, 2018, *Communications of BAO*, **65(2)**, 240-248, реферирана, без импакт фактор

6. **Mutafov, A. S., Semkov, E. H.**, Ibryamov, S. I., **Peneva, S. P.**, Long-time photometric study of UX Orionis stars, 2019, *AIP Conference Proceedings*, **2075**, 090004, SJR=0.182,

https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2019AIPC.2075i0004M/doi:10.1063/1.5091218

7. Sekeráš, M., Skopal, A., Shugarov, S., Shagatova, N., Kundra, E., Komžík, R., Vrašťák, M., **Peneva, S. P., Semkov, E.**, Stubbing, R., Photometry of Symbiotic Stars – XIV, 2019, *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso*, **49**, 19-66, IF=0.733, Q4, <https://ui.adsabs.harvard.edu/#abs/2019CoSka..49...19S/abstract>

Обобщение на статиите, публикувани по време на първи етап на проекта, по тематиката на РП2:

3 статии с общ IF = 6.59

2 статии с общ SJR = 0.34

2 реферирани статии, без IF или SJR.

РП2.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта.

1. Планирани дейности

Получаване на наблюдения.

Анализ на получените наблюдения.

Подготвяне на публикации с резултатите в списания с импакт фактор/ранг.

2. Осъществени дейности през втория етап на договора

Проведени са фотометрични наблюдения на звездни обекти с телескопите в НАО Рожен. Изследвани са предимно звезди в начални етапи от еволюцията им, които се намират преди Главната последователност. Наблюденията са обработени с плоски полета, токове на тъмно и е изваден електронния шум. Звездите и стандартите около тях са измерени с апертурна фотометрия. Получените резултати са анализирани и подготвени за публикуване.

3. Очакван резултат за целия период на договора:

Минимум 5 публикации в списания с импакт фактор/ранг, представяния на национални и международни конференции, разпространение на резултатите сред широката общественост

4. Постигнати резултати през втория етап от договора

Публикувани са общо шест статии, от които четири в списания с импакт фактор, и две в списание с импакт ранг, от които едната е приета за печат. От статиите с импакт фактор една е във високата категория Q2, а останалите в Q3 и Q4. Представен е един постерен доклад на международна конференция в Дъблин, Ирландия. Получените резултати напълно съответстват на резултатите планирани за втория период от договора.

5. Няма неосъществени дейности и непостигнати резултати.

Списък на публикациите, публикувани през втори етап на договора.

1. **Semkov, E. H., Ibryamov, S. I., Peneva, S. P.**, Photometric and spectroscopic study of 5 pre-main sequence stars in the vicinity of NGC 7129, 2019, *SerAJ*, **199**, 39-53, IF=0.333, Q4, <https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/2019SerAJ.199...39S>

2. Ibryamov, S., **Semkov, E., Peneva, S.**, Gocheva, K., BV(RI)c photometric study of three variable PMS stars in the field of V733 Cephei, 2020, *RAA*, **20**, art. id. 194, IF=1.327, Q3, <https://www.raa-journal.org/raa/index.php/raa/article/view/4858/6163>

3. **Semkov, E. H., Peneva, S. P.**, Ibryamov, S. I., Long-term optical photometric monitoring of the FUor star V900 Mon, 2021, *SerAJ*, **202**, 31-38 IF=0.333, Q4, <https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/2021SerAJ.202...31S>

4. **Semkov, E.**, Ibryamov, S. **Peneva, S.**, The FUor star V2493 Cyg (HBC 722) - eleven years at maximum brightness, 2022, *Symmetry*, **13(12)**, art. id. 2433, IF=2.713, Q2, <https://www.mdpi.com/2073-8994/13/12/2433>

5. **Mutafov, A., Semkov, E., Peneva, S.**, Ibryamov, S., New Results from Long-time Photometric Study of UX Orionis Star GM Cephei, 2022, *BlgAJ*, **36**, 3-8, SJR=0.259, Q4, <https://astro.bas.bg/AIJ/issues/n36/AMutafov.pdf>

6. Zidarova, G., Ibryamov, S., **Semkov, E., Peneva S.**, Long-term optical photometry of the PMS stars V2764 Ori and LkH α 301 in the field of the McNeil's Nebula, 2022, *BlgAJ*, **37**, SJR=0.259, Q4, <https://astro.bas.bg/AIJ/issues/n37/GZidarova.pdf>

Списък на доклади.

1. **Semkov, E., Peneva, S.**, Ibryamov, S. Munari, U, Mito, H., *Optical light curves of the FUor and FUor-like objects*, Star Formation: From Clouds to Discs, Дъблин (Ирландия), 18 - 22 октомври 2021 г., <https://zenodo.org/record/5577408#.Y1VVMpFBxD8>

Членове на екипа на РП2 са публикували резултати по теми, които са отчетени в съответните други РП.

РП2.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати в процеса на изпълнение на проекта.

Научните резултати постигнати в рамките на проекта надвишават планираните. За първи етап бе планирано (1) получаване на наблюдателен материал, (2) анализ на получените данни и подготовка за публикуване и (3) публикуване на 2 статии – (1) и (2) са изпълнени, а по точка (3) се отчитат 3 статии с IF и 6 статии с SJR (виж т. РП2.4 в този отчет). Няколко обстоятелства допринесоха за постигането на резултати по-големи от планираните. Първото от тях е въвеждането в експлоатация на нови детектори (CCD камери от най-ново поколение) в началото на изпълнение на проекта. Новите детектори се характеризират с по-висока чувствителност в целия видим диапазон на електромагния спектър, по-високо отношение сигнал/шум при еднакви други условия и подтискане на интерференчните ивици „замърсяващи“ червения край на спектрите и изображенията (фринджинг). Тези подобрени характеристики доведоха до по-ефективно използване на наблюденията с 2-метровия телескоп на Националната астрономическа обсерватория, което от своя страна оказва положителен ефект върху изпълнението на първата дейност, заложен в работния пакет - получаването на нов наблюдателен материал. Друго подобрение, от изключително значение за ускоряване на дейностите по проекта бе подобряване на комуникационната инфраструктура, включващо оптимизиране на локалната мрежа в Института по астрономия в София и в НАО Рожен, както и оптичното свързване на НАО към Българската Образователна и Изследователска Мрежа (БИОМ), а чрез нея и към Европейското изследователско пространство (GEANT). Инфраструктурните подобрения, в комбинация с високата квалификация на членовете на екипа на проекта и успешното включване на младите учени в изпълнението на планираните дейности, доведоха до постигане на целите на проекта и на допълнителни резултати през отчетния период.

РП3: Еволюция на звездите от главната последователност - синергия на наблюденията с теорията

РП3.1: Планирани дейности (от проектното предложение)

За цялата продължителност на проекта в РП3 бяха планираните следните дейности: (1) Получаване на наблюдения. (2) Анализ на получените наблюдения и подготовка на материали за публикуване (фигури, таблици, текст, ...) и (3) Публикуване на статии с резултатите предимно в списания с импакт фактор/ранг.

РП3.2: Осъществени дейности през отчетния период

Планираните научни дейности в рамките на РП3 на проекта са извършени напълно. Получен е наблюдателен материал с използването на 2-м и 50/70-см и 60 см телескопи на НАО Рожен. Проведени са спектрални наблюдения на звезди от главната последователност. Използвани са наблюдателни данни получени и с други телескопи в други обсерватории, вкл. с най-мощните

телескопи в света на Европейската южна обсерватория. Наблюдателните данни са обработени и анализирани своевременно. Получените резултати са подготвени и оформени за публикуване в съответствие със стандартите и изискванията на съответните издатели.

РПЗ.3: Очаквани резултати (от проектното предложение)

За пълната продължителност на проекта: Получен е планираният необходим наблюдателен материал, подготвени са резултати от анализи за публикации, 2 публикации. За окончателен отчет: Минимум 5 публикации в списания с импакт фактор/ранг, представяния на национални и международни конференции, разпространение на резултатите сред широката общественост.

РПЗ.4: Постигнати резултати през периода на проекта

Постигнатите резултати през първи етап на проекта, по областта на изследване в РПЗ са публикувани в следните статии:

1. Zverko, J.; **Илев, I.**; Romanyuk, I. I.; **Stateva, I.**; Kudryavtsev, D. O.; Semenko, E. A. "Stars with Discrepant v sin i as Derived from the Ca II 3933 and Mg II 4481 Å Lines. VII. HD9531 (SB), HD31592 (SB2), HD129174 (SB?)", 2018, Astrophysical Bulletin, 73, 351Z, Springer, Pleiades Publishing, <https://doi.org/10.1134/S1990341318030094> , IF = 1.290.
2. **Nikolov, G., Markov, H.**, "Characterizing LMC Star Cluster NGC 2004", 2019, AIP Conference Proceedings 2075, 090005 (2019), <https://doi.org/10.1063/1.5091219> , SJR=0.165.
3. C. Ulusoy, **I. Stateva**, B. Ulaş, F. Alıçavuş, **I.Kh. Илев, M. Napetova**, E.Kaygan "A study of Variability of the Marginal Am star HD 176843 observed in the Kepler field", 2019, New Astronomy, 71, 33U, Elsevier, <https://doi.org/10.1134/S1990341318030094> , IF = 0.969.
4. Dimitrov, W.; Tomov, T.; Kamiński, K.; Polińska, M.; **Илев, I.**; Kamińska, M. K. "GT Ursae Majoris AB - a Possible Quadruple System", 2018, Acta Astronomica, 68 (2), pp. 141-158, http://acta.astrouw.edu.pl/Vol68/n2/a_68_2_4.html , IF=2.640.
5. **Georgiev, S.**; Konstantinova-Antova, R.; Borisova, A.; Kolev, D.; Auruière, M.; Petit, P.; Belcheva, M.; Markov, H.; Bogdanovski, R.; **Spasov, B.; Zamanov, R.; Tomov, N.; Kurtenkov, A.**; "A long-term spectral study of the single active giant OP andromedae", 2019, AIP Conference Proceedings, Volume 2075, Issue 1, id.090003, <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5091217> , SJR=0.165.
6. Kjurkchieva, Diana; **Stateva, Ivanka**; Popov, Velimir A.; Marchev, Dragomir, 2019, AJ 157, 73, "Photometric and Spectral Observations of the W UMa Stars NSVS 4161544 and 1SWASP J034501.24+493659.9. GAIA Challenges", <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/aaf868> , IF = 5.497.
7. **Markova, N.**; Puls, J.; Langer, N., 2018, Spectroscopic and physical parameters of Galactic O-type stars. III. Mass discrepancy and rotational mixing, Astronomy

& Astrophysics, Volume 613, id.A12, 29 pp., IF = 5.567,
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018A%26A...613A..12M/abstract> ,

Обобщение на статиите, публикувани по време на първи етап на проекта, по тематиката на РПЗ:

5 статии с общ IF = 15.963

2 статии с общ SJR = 0.330

Представяне на резултати от РПЗ на научни форуми:

1. Nikolov, G., Markov, H., "Characterizing LMC Star Cluster NGC 2004", 2019, - presentation, oral talk, international conference BPU10.
2. Georgiev, S.; Konstantinova-Antova, R.; Borisova, A.; Kolev, D.; Auruière, M.; Petit, P.; Belcheva, M.; Markov, H.; Bogdanovski, R.; Spassov, B.; Zamanov, R.; Tomov, N.; Kurtenkov, A.; "A long-term spectral study of the single active giant OP andromedae", 2019, presentation, oral talk, international conference BPU10.
3. C.Ulusoy, I.Stateva, I.Kh.Iliev, B.Ulaş3, M.Napetova, 2018, XI Bulgarian-Serbian Astronomical Conference, Belogradchik, 14-18 May2018, "A study of variability of the Am Kepler star KIC 9204718" - poster and presentation

РПЗ.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта.

Определени са магнитните свойства и цикли на активност на младата слънцеподобна звезда κ Ceti. За целта са използвани данни за хромосферната активност (поток в линиите Ca II H&K) на звездата, обхващащи период от 50 г., както и 6 епохи със спектрополяриметрични наблюдения. За определяне на периодичностите в хромосферната активност са използвани два метода: generalised Lomb–Scargle (GLS) периодограмен анализ и Wavelet анализ. И двата метода показват нова цикличност с период от 3.1 г, и потвърждават добре известния период от 6 г. Въпреки че периодите на двата цикъла са с почти точно 1:2 отношение, те показват необичайна еволюция във времето. Чрез прилагане на Zeeman Doppler imaging (ZDI) върху спектрополяриметричните данни, е реконструиран вектора на магнитното поле на звездата, който показва обръщане в полярността на глобалното магнитно поле с цикличност от приблизително 10 г. Необикновената еволюция на хромосферните цикли и липсата на пряка корелация с магнитния цикъл правят κ Ceti много интересен обект за изследване. Подобна сложна еволюция на магнитната активност може да е типична за млади звезди от слънчев тип с умерено ниво на магнитна активност. Възможно е нашето Слънце да е преминало през подобна фаза в миналото.

Получени са спектрални наблюдения на 7 хладни звезди от главната последователност със спектрални класове G, K, M, за няколко епохи. Целта е регистриране на индикации за коронални изхвърляния на маса.

Изследването на коронални изхвърляния на маса (Coronal Mass Ejections, CME) при хладните звезди от Главната последователност е от изключителна важност за характеризирането на тяхната магнитна активност и нейното влияние върху космическото време и еволюцията на потенциални обитаеми планети около тях. Но регистрирането на звездни CMEs не е тривиално и засега не предоставя очаквания резултат. Само няколко са обектите с кандидати за CME. Наблюденията са проведени с 2м RCC телескоп на НАО Рожен и ешелния спектрограф ESPERO, както и с 2.56м Nordic Optical Telescope и инструмента ALFOSC на Ла Палма. На база на получените наблюдения за всеки обект в дадена епоха са конструирани динамични спектри, които не показват индикации за CME. Нашите резултати потвърждават забелязаната разлика между регистриран и очакван на базата на модели брой CMEs.

Анализирани са 32 звезди от спектрален клас O в галактиката Голям Магеланов Облак (Large Magellanic Cloud), като пореден етап от международния проект VLT-FLAMES Tarantula Survey. На базата на нови водородно-хелиеви-силициеви FASTWIND модели и различен подход за оценка на физическите параметри на тези масивни звезди е установено различие между параметрите получени чрез моделен атмосферен анализ и тези, които се предсказват от морфологичната класификация на тези звезди. Изследването представя също така за първи път оценка на силициевото обилие за звезди от O спектрален клас в куповете NGC 2060 и NGC 2070 принадлежащи на мъглявината 30 Dor. Обсъдени са възможни причини както и спецификите на приложените методи и тяхното влияние върху оценката на получените параметри.

Представено е фотометрично изследване на UU Cassiopeiae (UU Cas), масивна двойна затъмняваща се звездна система, основаващо се на собствен наблюдателен материал, както и на предишни фотометрични наблюдения в няколко спектрални диапазона. Получен е подобрен период на въртене на звездите около общия център на масите, основаващ се на наблюдения в последните 117 години. В инфрачервената област се наблюдава допълнителен период от порядъка на 270 дена. Няма признаци за изменение на периода в последните няколко десетилетия. Анализът на фотометричните криви в инфрачервентата област показва наличие на пренос на вещество между двете компоненти. Определен е наклонът на орбитата по отношение на лъча на зрение. Направена е оценка на някои звездни параметри: радиус, маса и температура. Оценени са радиусът и дебелината на разпространение на междузвездната материя и на т.н. акреционен диск. Дискутирани са и активните зони в този диск.

Изследването на UU Cas, бе продължено с анализ на наблюдавания активен пренос на вещество, като приемащата звезда е “скрита” в акреционния диск. С цел получаване на спектралните характеристики на двете звезди е приложен метод за разделяне на спектри (disentangling method) като разделените спектри са сравнени със синтетични такива. Методът позволи да бъдат различени спектрални линии от “скритата” звезда. Показано е, че параметрите на наблюдаваните спектрални линии са повлияни силно освен от звездата, която отдава вещество (която има доминираща роля) и слабото проявление на приемащата звезда, така също и от поглъщането на светлина в материята между двете компоненти. Линиите на поглъщане показват изнасяне на материя и над орбиталната равнина. От друга

страна променливостта в емисията на H α дава доказателства за изменение на структурата на веществото между двете звезди в рамките на няколко периода.

Друго изследване представя резултатите от анализ на спектри с висока разделителна способност на Nova V392 Per, получени по време на избухването и през 2018 година. Изявена е тройна структура в две водородни линии (H α и H β), по които са измерени радиални скорости (-2000 km s⁻¹, -250 km s⁻¹ и 1900 km s⁻¹). Показано е, че близкият инфрачервен край на спектъра се доминира от водородните линии от серията на Пашен, както и от емисионните линии O I λ 8446 and O I λ 7773, които не показват разделяне. Направена е оценка на междузвездното почервяване в посока на V392 Per, което позволи чрез използване на фотометрични данни от AAVSO и ASAS-SN обектът да се класифицира като “много бърза нова” (very fast nova).

Направено е сравнение на изследвания обект с други подобни (много бързи нови), като са обсъдени възможностите за бъдещата му еволюция в рамките на съществуващия хибриционен модел. Според този модел, при подобни нови, в периода между две избухвания обменът на маса между звездите в системата е много нисък.

Представен е обзор на резултатите от комплексното моделиране на тесни двойни звезди от тип W Uma. Задачата на проекта е чрез моделиране на наблюдателните данни да се получат физическите параметри на компонентите на изследваните звездни системи. Целта на проведеното изследване е изучаване на активността на тези звезди и действието на динамото в тесни двойни системи. Звездите са наблюдавани спектрално и фотометрично, а моделирането е правено с кода PNOEBE. Получените решения на кривите на блясъка и на лъчевите скорости на повече от 40 звезди са публикувани в повече от 15 статии.

В изпълнение на задачата за изследване на коронални изхвърляния на маса (CME) при звезди от късен спектрален клас са наблюдавани спектрално 7 звезди от спектрален клас G, K, M с телескопите NOT/ALFOSC на Ла Палма и ESpeRo/2m RCC на НАО-Рожен. Получени са 350 спектри от Ла Палма и 160 от НАО-Рожен. Анализът на спектрите не дава доказателства за коронално изхвърляне на маса при тези обекти.

Описаните резултати за втори етап на проекта са публикувани в следните статии:

1. Boro Saikia, S., Lueftinger, T., Folsom, C. P., Antonova, A., Alecian, E., Donati, J. -F., et al.. Time evolution of magnetic activity cycles in young suns: The curious case of kappa Ceti. *Astronomy & Astrophysics (A&A)*, 658, EDP Sciences, 2022, ISSN:ISSN: 0004-6361 ; e-ISSN: 1432-0746, DOI:<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141525>, A16-28. SJR (Scopus):2.137, JCR-IF (Web of Science):5.802
2. **Markova, N.**; Puls, J.; Dufton, P. L.; Lennon, D. J.; Evans, C. J.; de Koter, A.; Ramírez-Agudelo, O. H.; Sana, H.; Vink, J. S., The VLT-FLAMES Tarantula Survey. XXXII. Low-luminosity late O-type stars: classification, main physical parameters, and silicon abundances, *Astronomy and Astrophysics(A&A)*, 634A, 16M, 2020/02, DOI:10.1051/0004-6361/201937082, SJR (Scopus):2.137, JCR-IF (Web of Science):5.802, https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2020/02/aa37082-19/aa37082-19.html

3. Mennickent, R. E.; Djurašević, G.; Vince, I.; Garcés, J.; Hadrava, P.; Cabezas, M.; Petrović, J.; Jurkovic, M. I.; Korčáková, D.; **Markov, H.**, New insights on the massive interacting binary UU Cassiopeiae, *Astronomy and Astrophysics (A&A)*, 642A, 211M, 2020/1, SJR (Scopus):2.137, JCR-IF (Web of Science):5.802, https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2020/10/aa38938-20/aa38938-20.html
4. Hadrava, P.; Cabezas, M.; Djurašević, G.; Garcés, J.; Gorda, S. Yu.; Jurkovic, M. I.; Korčáková, D.; **Markov, H.**; Mennickent, R. E.; Petrović, J.; Vince, I.; Zharikov, S. , Spectroscopy of the massive interacting binary UU Cassiopeiae, 2022, arXiv220113275H2022/01, https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2022/07/aa42545-21/aa42545-21.html
5. **K. A. Stoyanov**, T. Tomov, **I. Stateva**, **S. Georgiev**, “High-resolution optical spectroscopy of Nova V392 Per”, 2020, *Bulgarian Astronomical Journal*, Vol. 32, p. 63 <https://www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n32/KStoyanov.pdf>, SJR= 0.259
6. Olivera Latković, Kosmas Gazeas, **Haralambi Markov**, Atila Čeki and Sofia Palafouta , Eccentric orbits and apsidal motion in the eclipsing binaries EK Cep and HS Her, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Main Journal (MN-21- 3875-MJ.R2)* SJR: 1.678 Impact Factor: 5.287 (accepted for publication).

Резултати са представени на следните международни конференции:

1. **Stateva I.**, “Modelling the binaries of W UMa type and GAIA distances”, 2020, MW-Gaia WG2/WG3 Workshop: Frontiers of Stellar Physics: the Theory-Observation Interface, Zagreb, Croatia – oral talk https://www.mw-gaia.org/resources/MW-Gaia/Workshops/WG2-Zagreb-Jan20/workshop_programme-v2.pdf
2. **Avramova-Boncheva, A.**, Korhonen, H., **Stateva, I.**, **Antonova, A.**, “Searching for flares and CME signatures in the spectra of seven cool stars”, 2021, The 20.5th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun (CS20.5), DOI:10.5281/zenodo.4567441, id.226 – poster <http://coolstars20.cfa.harvard.edu/cs20half>

РПЗ.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати в рамките на проекта

Резултатите, постигнати през отчетния период, значително надвишават планираните. За първи етап бе планирано (1) получаване на наблюдателен материал, (2) анализ на получените данни и подготовка за публикуване и (3) публикуване на 2 статии – (1) и (2) са изпълнени, а по точка (3) се отчитат 4 статии в списания с IF и 2 статии в списания със SJR (виж т. РПЗ.4 в този отчет). Няколко обстоятелства допринесоха за постигането на резултати по-големи от планираните. Първото от тях е въвеждането в експлоатация на нови детектори (CCD камери от най-ново поколение) в началото на изпълнение на проекта. Новите детектори се характеризират с по-висока чувствителност в целия видим диапазон на електромагния спектър, по-високо отношение сигнал/шум при еднакви други условия и подтискане на интерференчните ивици „замърсяващи“ червения край на спектрите и изображенията (фринджинг). Тези подобрени характеристики доведоха до по-ефективно използване на наблюденията с 2-метровия телескоп на Националната астрономическа обсерватория, което от своя страна оказва положителен ефект върху

изпълнението на първата дейност, заложенa в работния пакет - получаването на нов наблюдателен материал. Друго обновяване, от изключително значение за ускоряване на дейностите по проекта, бе подобряването на комукационната инфраструктура, включващо оптимизиране на локалната мрежа в Института по астрономия в София и в НАО Рожен, както и оптичeското свързване на НАО към Българската Образователна и Изследователска Мрежа (БИОМ), а чрез нея и към Европейското изследователско пространство (GEANT). Инфраструктурните подобрения, в комбинация с високата квалификация на членовете на екипа на проекта и успешното включване на младите учени в изпълнението на планираните дейности, доведоха до постигане на целите на проекта и на допълнителни резултати през отчетния период.

РП4: Еволюция на симбиотични и катаклизмични звезди - синергия на наблюденията с теорията

РП4.1: Планирани дейности (от проектното предложение)

Планираните в РП4 дейности обхващат следните три групи:

1. Провеждане на астрономически наблюдения и обезпечаване на планираните научни изследвания с необходимия наблюдателен материал
2. Анализ на наблюдателния материал
3. Представяне на резултатите от изследванията в научни публикации, на научни конференции и работни срещи

РП4.2: Осъществени дейности през отчетния период

Всички планирани дейности в този работен пакет са реализирани – получаване на наблюдателен материал, неговият анализ и представяне на резултатите в публикации, презентации и постери на национални и международни научни форуми..

РП4.3: Очаквани резултати (от проектното предложение)

Симбиотичните и катаклизмичните звезди осигуряват най-добри възможности за изследване на еволюцията на акретиращи бели джуджета в двойни системи. Симбиотичните звезди претърпяват оптически избухвания с продължителност от около една година до няколко десетки години. По време на избухване техният континуум нараства до 10-20 пъти, потокът в линиите на елементи от висока степен на йонизация силно намалява, а Балмеровите профили стават многокомпонентни, съдържащи в някои случаи по няколко различни индикации за загуба на маса. Съгласно съвременната теория наблюдаваното явление се интерпретира с еволюционни процеси на бяло джудже, акретиращо богато на водород вещество. Очакваните резултати се отнасят до изследване на еволюцията на избухващия компактен обект в различни състояния на блясъка на някои системи, които са в активна фаза или непосредствено след нея.

Характерно за поведението на някои от симбиотичните и катаклизмичните звезди по време на тяхното спокойно състояние е наличието на фликеринг - фотометрична променливост върху къса времева скала, разглеждаща се като индикация за акреция върху бели джуджета. Източникът на тази променливост е обект на дискусии – той може да бъде горещото петно, граничният слой или самият акреционен диск. Значимостта на изследването на фликеринга се определя и от все още неизяснения характер на процесите, които го пораждат. Те може да бъдат променлив трансфер на вещество от донора на маса, магнитни процеси и/или турбулентност в акреционния диск, нестабилна акреция върху бялото джудже и др. **Очакваните резултати се отнасят до определяне на: (1) цвета на източника на фликеринг, (2) неговите физически параметри – температура и размер и (3) поведението на тези параметри с промяната на блясъка.**

РП4.4: Постигнати резултати през отчетния период

Класическата симбиотична звезда BF Cyg претърпява едно от най-продължителните избухвания на симбиотични. То започна през 2006г. и продължава и в настоящия момент. Системата е затъмнителна, има орбитален период около 2 години и от началото на избухването са наблюдавани 6 орбитални фотометрични минимума, определящи се от затъмнения. По UBVRCI фотометрични данни е изследвана еволюцията на протяжната акреционна структура (обвивка около първоначалния диск) на избухващия компактен обект, която променя дълбочината на орбиталния минимум и колимира звездния вятър, формирайки биполярно колимирано изхвърляне, което, от своя страна, излъчва сателитните компоненти с висока скорост на Балмеровите линии. Възникването на обвивката (нейната незатъмнена част) е отговорно за първоначалното намаляване на дълбочината на орбиталния минимум, а нейното последващо разрушаване – за нарастването отново на дълбочината на минимума. Предлага се модел на обвивката, съдържащ основните и параметри в 5 момента на орбитален минимум. На базата на поведението на блясъка и спектъра, а също и на тези параметри се формира общата идея, че обвивката възниква след началото на избухването, в определен период се разрушава от звездния вятър, а след това се възстановява до някаква степен на базата на своята останка (Tomov & Tomova 2018, Tomov et al. 2019).

По данни в областта на фотометричните системи UVB е изследван източникът на фликеринг в симбиотичните двойни EF Aql, CN Cyg и RS Oph. Получени са цвета и параметрите (ефективна температура и радиус) на източника на фликеринг в системите CN Cyg и RS Oph. Налице е силна корелация между промяната на средния размер на източника на фликеринг и блясъка на системата RS Oph във филтър В . Дискутирани са възможните причини за преустановяването и повторното възобновяване на фликеринга в някои от изследваните системи (Georgiev et al. 2019, Dimitrov et al. 2018, Stoyanov et al. 2018b, Zamanov et al. 2018).

Изследвана е катаклизмичната система KR Aur (Boeva et al. 2018), както и редица рентгенови двойни: LSI +5979, X Per, Cyg X-1 и MWC 148 (Nikolov et al. 2018a,b, c,d,

Stoyanov et al. 2018a). Всички те са взаимодействащи двойни, които подобно на симбиотичните съдържат акретиращ компактен обект. Изследвани са и редица визуално двойни (и кратни) системи с цел определяне на техните орбити (Cvetkovic et al. 2018).

Списък на статиите, съдържащи постигнатите резултати и цели:

а) в списания с импакт фактор (ИФ)

1. Cvetković, Z., Pavlović, R., **Boeva, S.**, “*CCD Measurements of Double and Multiple Stars at ASV and NAO Rozhen in 2016: Four Linear Solutions*”, 2018, AJ, V.156, I. 3, article id. 134, 11 pp.; **IF= 4.150** <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/aad77e/meta>

2. **Zamanov, R. K., Boeva, S., Latev, G. Y.**, Martí, J., Boneva, D., Spassov, B., **Nikolov, Y.**, Bode, M. F., Tsvetkova, S. V., **Stoyanov, K. A.**, “*The recurrent nova RS Oph: simultaneous B and V band observations of the flickering variability*”, 2018, MNRAS 480, 1363, **IF 5.194**

б) в списания с импакт ранг (ИР)

3. Georgiev, Ts. B., **Zamanov, R. K., Boeva, S., Latev, G.**, Spassov, B., Martí, J., **Nikolov, G.**, Ibryamov, S., Tsvetkova, S. V., **Stoyanov, K. A.**, „*Intra-night flickering of RS Ophiuchi: I. Sizes and cumulative energies of time structures*“, 2019, Bulg. Astron. J., v. 30, **SJR 0.174**
<http://www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n30/TsGeorgiev.pdf>

4. **Stoyanov, K. A.**, Martí, J., **Zamanov, R., Dimitrov, V. V.**, Kurtenkov, A., Sánchez-Ayaso, E., Bujalance-Fernández, I., **Latev, G. Y., Nikolov, G.**, “*Optical flickering of the symbiotic star CH Cyg*”, 2018b, Bulg. Astron. J., v. 28, 42, **SJR 0.174**, <http://www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n28>

5. **Tomov N. A., Tomova M. T.**, Bisikalo D. V., “*An investigation of the eclipsing symbiotic binary BF Cyg during a period of activity after 2014*”, 2019, Bulg. Astron. J., v. 30, 60-66, **SJR 0.174**, <http://www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n30/NTomov.pdf>

в) в други издания

6. **Dimitrov, V. V., Boeva, S.**, Martí, J., Bujalance-Fernández, I., Sánchez-Ayaso, E., **Latev, G. Y., Nikolov, Y. M., Petrov, B.**, Mukai, K., **Stoyanov, K. A., Zamanov, R. K.**, “*Detection of optical flickering from the symbiotic Mira-type binary star EF Aquilae*”, Proceedings of the XI Bulgarian – Serbian Astronomical Conference (XI BSAC), Belogradchik, Bulgaria, May 14-18, 2018, Eds. Tsvetkov M., Dimitrijevic M., Dechev M., Simic Z., Publ. Astron. Soc. “Rudjer Boskovic”, No 18, p.183 – 187

http://www.astro.bas.bg/XIBSAC/Proceedings/Proceedings_11BSAC.pdf

7. **Stoyanov, K. A., Dimitrov, V. V., Zamanov, R. K.**, Petrov, N. I., **Nikolov, Y. M.**, Marchev, D. V., “*Optical observations of the Be/gamma-ray binary MWC 148*”, 2018a, ATel 11257, 1
<http://www.astronomerstelegam.org/?read=11257>

8. **Tomov N. A., Tomova M. T.**, 2018, “*Evolution of the accretion structure in the symbiotic binary BF Cyg during its last optical outburst began in 2006*”, Proceedings of the XI Bulgarian – Serbian Astronomical Conference (XI BSAC), Belogradchik, Bulgaria, May 14-18, 2018, Eds.

Tsvetkov M., Dimitrijevic M., Dechev M., Simic Z., Publ. Astron. Soc. “Rudjer Boskovic”, No 18, 147-157,
http://www.astro.bas.bg/XIBSAC/Proceedings/Proceedings_11BSAC.pdf

Обобщение на статиите, публикувани по време на първи етап на проекта, по тематиката на РП2:

2 статии с общ IF = 9.344
3 статии с общ SJR = 0.522
2 в други издания

2. Участия в научни форуми, на които са представени резултати от проекта

9. **Nikolov, Y.**, “*Spectropolarimetric observations of Be/X-ray binary stars*”, talk at the second workshop of IA and NAO, Koprivshitsa, 2018a

10. **Nikolov, Y.**, “*Optical spectropolarimetric observation of Be/X-ray binary stars*”, talk at a school for PhD students, Belgrade, 2-7 September 2018b

11. **Nikolov, Y.**, “*Bulgarian NAO-Rozhen and its opportunities from students training to top science research*”, talk in Armagh Observatory, 24.10.2018c

12. **Nikolov, Y.**, “*Optical spectropolarimetric observation of Be/X-ray binary stars*”, talk at the third workshop of IA and NAO, Velingrad, November, 2018d

13. **Boeva, S., Latev, G., Nikolov, P., Zamanov, R.**, Georgiev, Ts., Damljanovic, G., Sekulic, M., Cvetkovic, Z., Pavlovic, R., Vince, O., “*Detailed analysis of the low state multicolor light curve of KR Aurigae on 23.02.2017*”, talk at XI Bulgarian-Serbian Astronomical Conference 14 - 18 May, 2018, Belogradchik, Bulgaria

В отчетния период Янко Николов защити своята дисертация за образователната и научна степен „доктор“. Благодарности са изказани в автореферата, приложен към копия на статиите в електронен вид.

РП4.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта.

Симбиотичната повторна нова RS Oph съдържа бяло джудже с маса близка до границата на Чандрасекар, в резултат на което избухва през около 20 години. Наблюдавани са седем оптически избухвания с максимуми на блясъка през 1898, 1933, 1958, 1967, 1985, 2006 и 2021г. Тъй като се предполага, че след всеки цикъл на акреция и избухване се добавя маса към ядрото, съгласно съвременната теория на акретиращо бяло джудже се очаква неговата маса да достигне критичната граница и системата да избухне като свръхнова от тип Ia. Ние наблюдавахме системата RS Oph на един ранен етап от нейното последно избухване – от 11 до 15 ден след неговото начало. Получихме $H\alpha$ данни с високо разрешение с Куде спектрографа на 2m телескоп в НАО и използвахме паралелна UBVRcIc фотометрия от базата данни на AAVSO. Получихме редица параметри на компонентите на системата и изследвахме структурата на изхвърляното от избухващия компактен обект вещество.

Ефективната температура на горещата псевдофотосфера, формирана от изхвърляния материал и окултираща компакния обект беше 15000К, а електронната температура на мъглявината 17000К за целия период на наблюдение. Ефективният радиус на псевдофотосферата беше 13.3 R_{sun} , а мярата на емисия на мъглявината $9.5 \cdot 10^{61} \text{ cm}^{-3}$ в ден 11, и 10.3 R_{sun} и $5.6 \cdot 10^{61} \text{ cm}^{-3}$ в ден 15. За да осигури тази мяра на емисията болометричната светимост на избухващия обект трябва неколкократно да надхвърля Едингтоновата граница. H α профилът съдържа широк централен компонент, формиран главно от високоскоростен звезден вятър и слаби сателитни компоненти от двуполусни струи от избухващия обект. 30-50 % от небулярната емисия на системата принадлежи на вятъра, чиято светимост в линията H α е по-малка от 2700 L_{sun} . Темпът на загуба на маса на избухващия обект от вятъра е значително по-висок отколкото от струите. Общият темп (от вятър и струи) е по-малък от $(4-5) \cdot 10^{-5} M_{\text{sun}}/\text{yr}$. Струите не са висококолимидирани. Получена е ориентиловъчна оценка на размера на тяхната високоскоростна част, който възлиза на около 80 R_{sun} . Средната физическа скорост на изтичане на газа в струите е 3500-3600 km/s при наклон на орбитата 50deg (Tomov et al. 2022).

Емисионната линия H α е изследвана допълнително на базата на част от получените спектри, а също и с помощта на по-стари спектри, получени с Ешеле спектрографа на 2m телескоп на НАО през спокойно състояние на системата през 2019 и 2020г. Използван е и един спектър с ниско разрешение, получен с 11 инчов Целестрон телескоп. Анализирани са Р Суг профилът в централната част на широкия емисионен компонент. Предполага се, че той се формира във външната част на вятъра на гиганта или/и в материал, изхвърлен по време на предишни избухвания и йонизиран през настоящото избухване, който изтича навън от системата с ниска скорост - 32-68 km/s. Направен е и извода, че ако се има пред вид разстоянието до системата, определено от спътника GAIA, класът светимост на гиганта трябва да е между II и III (Zamanov et al. 2022).

Системата RS Oph е изследвана и на базата на спектрополяриметрични данни, получени през спокойно състояние с двуканалния фокален редуктор, поставен във фокуса Касегрен на 2m телескоп на НАО. В спектралната област 5000-8000 Å е намерена максимална степен на линейна поляризация $PL(\text{obs})=(2.9\pm 0.09)\%$ на дължина $\lambda \sim 5600\text{Å}$. Поляризацията намалява от тази пикова стойност и може да се апроксимира със закона на Serkowski. Позиционният ъгъл е $(47.2\pm 0.9)\text{deg}$ и не зависи от дължината на вълната. Този резултат показва, че в периода на наблюденията няма собствена поляризация в RS Oph и получените стойности се отнасят за междузвездната поляризация (Nikolov et al. 2019).

Анализ на спектрополяриметрични наблюдения с 2m телескоп на НАО на системата RS Oph от последното и избухване през август 2021г. показва асиметрична структура със същата ориентация както през 2006г. (Nikolov et al. 2022).

Анализирани са спектри с високо разрешение, получени с ешеле спектрографа на 2m телескоп на НАО на новата V392 Per на 1 и 2.05.2018г., много близо до максимума на блясъка. Емисионните линии H α и H β показват трипикови профили, чиито компоненти имат скорости на около -2000 km/s, -250 km/s и 1900 km/s. Близката инфрачервена област се доминира от тесните еднопикови Пашенови линии на водорода, а също от линиите OI 8446 и OI 7773. С използване на дифузните междузвездни полоси (DIBs) и линията KI е оценен междузвездният експес в посока на V392 Per, който възлиза на $E(B-V) \sim 1.18\pm 0.10 \text{ mag}$. С помощта на V фотометрия от базите AAVSO и ASAS-SN са пресметнати времената t_2 и t_3 за намаляване на блясъка съответно с 2mag и 3mag, които

времена възлизат на $\sim 3d$ и $\sim 11d$. На базата на този резултат системата се класифицира като много бърза нова. С използване на корелацията между t_2 и t_3 и масата на бялото джудже е получена средна маса $\sim 1.15 \pm 0.07 M_{\text{sun}}$, т.е. бялото джудже е сравнително масивно. С използване на времето t_3 е пресметнат темпа на акреция - $\sim 1.02 \cdot 10^{(-9)} M_{\text{sun}}/\text{yr}$. Дискутирана е бъдещата еволюция на системата в светлината на “hibernation” model (Stoyanov et al 2020).

Списък на статиите, съдържащи резултатите и постигнатите цели през втори етап на проекта:

а) в списания с импакт-фактор (ИФ)

1. **Tomov N. A., Tomova M. T., Stoyanov K. A., Bonev T. R., Zamanov R. K., Iliev I. Kh., Nikolov Y. M.,** Marchev D., Bisikalo D. V., Kaygorodov P., “*Mass outflow from the symbiotic binary RS Oph during its 2021 outburst*”, 2022, A&A, **IF 5.802**, статията е на рецензия
2. **Nikolov Y. M., Zamanov R. K., Stoyanov K. A.,** “*Spectropolarimetric observations of the recurrent nova RS Oph*”, 2019, Acta Astronomica, v. 69, 361-368, **IF 2.413**, http://acta.astro.uw.edu.pl/Vol69/n4/pdf/pap_69_4_4.pdf

б) в списания с импакт-ранг (ИР)

3. **Stoyanov K. A., Tomov T., Stateva I., Georgiev S.,** “*High-resolution optical spectroscopy of Nova V392 Per*”, 2020, BlgAJ, v. 32, p. 63-70, **SJR 0.26**, <https://www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n32/KStoyanov.pdf>
4. **Zamanov R. K., Stoyanov K. A., Nikolov Y. M., Bonev T., Marchev D., Stefanov S. J.,** “*H-alpha spectroscopy of the recurrent nova RS Oph during the 2021 outburst*”, 2022, BlgAJ, v. 37, accepted, **SJR 0.26**, <https://astro.bas.bg/AIJ/issues/n37/RZamanov.pdf>

2. Участия в научни форуми, на които са представени резултати от проекта

5. **Латев, Г., Генков, В., Костов А., Маркишки, П.,** “*Приемник-Филтър-Телескоп*”, доклад, представен на четвъртата работна среща на ИА с НАО, 17-20 ноември 2019 г., х-л Бор, гр. Велинград.
6. **Latev G., Genkov V.,** “*CCD parameters evaluation using photon transfer analysis technique*”, 2019, poster at the Joint Conference of the Sub-Regional European Astronomical Committee (Sreac) And the Bulgarian Astronomical Society (BgAS), 4 – 8 June 2019, Sofia, Bulgaria
7. **Nikolov Y., Stoyanov K., Luna G. J., Avramova-Boncheva A.,** “*Spektropolarimetric observations of the recurrent nova RS Oph during its last 2021 eruption with the 2m telescope in NAO Rozhen*”, talk at the XXth National conference of Bulgarian Astronomical Society, Yambol, May 30 – June 2, 2022

8. **Nikolov Y., Borisov G., Bagnulo S., Nikolov P., Bogdanovski R., Bonev T.,** “*Polarimetric and spectropolarimetric observations with FoReRo2*”, poster at the XXth National conference of Bulgarian Astronomical Society, Yambol, May 30 – June 2, 2022
9. **Nikolov Y.,** “*Interstellar polarisation and extinction toward the Recurrent Nova T CrB*”, poster at the XXth National conference of Bulgarian Astronomical Society, Yambol, May 30 – June 2, 2022
10. **Томов Н., Томова М.,** “*Еволюция на акреционната структура в симбиотичната двойна BF Cyg по време на последния ѝ период на активност, започнал през 2006г.*”, доклад, представен на четвъртата работна среща на ИА с НАО, 17-20 ноември 2019 г., х-л Бор, гр. Велинград

РП4.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати през отчетния период

Резултатите, постигнати през отчетния период, значително надвишават планираните. За първи етап бе планирано (1) получаване на наблюдателен материал, (2) анализ на получените данни и подготовка за публикуване и (3) публикуване на 2 статии – (1) и (2) са изпълнени, а по точка (3) се отчитат 2 статии в списания с IF и 3 статии в списания със SJR (виж т. РП4.4 в този отчет). Няколко обстоятелства допринесоха за постигането на резултати по-големи от планираните. Първото от тях е въвеждането в експлоатация на нови детектори (CCD камери от най-ново поколение) в началото на изпълнение на проекта. Новите детектори се характеризират с по-висока чувствителност в целия видим диапазон на електромагния спектър, по-високо отношение сигнал/шум при еднакви други условия и подтискане на интерференчните ивици „замърсяващи“ червения край на спектрите и изображенията (фринджинг). Тези подобрени характеристики доведоха до по-ефективно използване на наблюденията с 2-метровия телескоп на Националната астрономическа обсерватория, което от своя страна оказва положителен ефект върху изпълнението на първата дейност, заложен в работния пакет - получаването на нов наблюдателен материал. Друго обновяване, от изключително значение за ускоряване на дейностите по проекта, бе подобряването на комукационната инфраструктура, включващо оптимизиране на локалната мрежа в Института по астрономия в София и в НАО Рожен, както и оптичното свързване на НАО към Българската Образователна и Изследователска Мрежа (БИОМ), а чрез нея и към Европейското изследователско пространство (GEANT). Инфраструктурните подобрения, в комбинация с високата квалификация на членовете на екипа на проекта и успешното включване на младите учени в изпълнението на планираните дейности, доведоха до постигане на целите на проекта и на допълнителни резултати през отчетния период.

РП5: Еволюция на Слънцето и телата в Слънчевата система - синергия на наблюденията с теорията

РП5.1: Планирани дейности (от проектното предложение)

(1) Провеждане на астрономически наблюдения и обезпечаване на планираните научните изследвания с необходимия наблюдателен материал. Основна част от наблюдателния материал за изследване на еволюцията на телата от Слънчевата система ще бъде получавана с 2-м RCC телескоп, 60 см Касегрен, и 50/70 см Шмит телескоп в НАО Рожен и наличната към тях апаратура. За изпълнението на някои задачи, оригиналните наблюдения от НАО ще бъдат допълнени с наблюдателните данни от астрономически архиви и виртуални бази данни, както и с наблюдения получени от участниците в проекта в астрономически обсерватории извън страната.

За изследване на еволюцията на Слънцето ще се използват предимно данни от космически станции. Извличане на подходящи за целите параметри (въртене, скорости, промени в яркостта) за еруптивните прояви на Слънцето (слънчеви избухвания (СИ), еруптивни протуберанси (ЕП) и изхвърляне на коронална маса (ИКМ)) чрез използване на мулти-инструменталните и мулти-вълновите наблюдателни данни, получени от Solar Dynamics Observatory (SDO), Solar-Terrestrial Relations Observatory (STEREO) A и B както и в бяла светлина от коронографите COR1 и COR2 на STEREO A и B и SOHO/LASCO C2 и C3. Основният резултат от тази дейност са получените и обработени, до степен на готови за анализ астрофизични данни.

(2) Анализ на наблюдателния материал. Тази дейност е основната научно-изследователска дейност, която ще се извършва от екипите в съответните направления. Основните резултати от дейността са: графики, таблици, фигури, заключения за изследваните астрофизични явления и обекти, и взаимовръзките между тях, които да послужат за подготовка на научни публикации. Тези дейности ще се провеждат между 7-ти и 30-ти месец на проекта.

(3) Представяне на резултатите от изследванията в научни публикации, на научни конференции и работни срещи. В рамките на тази дейност ще се подготвят научни публикации, презентации на научни конференции и симпозиуми, и кратки съобщения за уеб-сайта на ИА с НАО и за научно популярни издания. За изпълнението на тази дейност е необходимо изпълнението на предишните дейности по проекта, затова тя ще протече между 7-ти и 36-ти месец от проекта. Резултатите от дейността са подадени и/или приети за печат публикации в научни списания с импакт фактор или импакт ранг, презентации и постери на конференции, лекции и др. За първи етап са планирани минимум 2 публикации в издания с импакт фактор или импакт ранг.

РП5.2: Осъществени дейности с подкрепа на проекта

Трите планирани дейности в рамките на РП5 са осъществени напълно. Временните рамки в проектното предложение са дадени за целия период на проекта, обхватът на дейностите

също е описан за целия период на проекта. Всички планирани дейности за временните рамки на проекта са изпълнени. За изследванията по хелиофизика са анализирани достъпните данни от космическите станции, изредени в предходната глава. За телата от Слънчевата система са получени и анализирани наблюдения на 5 астероида, 2 краткопериодични комети и 15 дългопериодични комети (само по време на първия етап). В рамките на цялата продължителност на проекта бяха получени, анализирани и публикувани данни за повече от 20 астероида. Определени бяха техните форма, ротационни параметри и еволюция на орбитните елементи. Бяха получени данни и за 25 комети, които бяха използвани за определяне на повърхностната яркост на комата и праховата опашка, промени в морфологията, построяване на дългопериодични криви на блясъка. По-ярките комети дадоха възможност за измерване на поляризацията на праха в околядрената област, използвайки специализирана апаратура с 2-метровия телескоп на Националната астрономическа обсерватория Рожен. Част от тази апаратура бе проектирана и изработена в работилницата на Института по астрономия.

РП5.3: Очаквани резултати (от проектното предложение)

За окончателния отчет: Минимум 5 публикации в списания с импакт фактор/ранг, представяния на национални и международни конференции, разпространение на резултатите сред широката общественост.

РП5.4: Постигнати резултати през отчетния период

В частта еволюция на Слънцето са установени нови детайли по отношение на: 1) Физическите процеси, протичащи в близкото обкръжение на еруптивните протуберанси (ЕП), които водят до възникване и развитие на съответни вид еруптивна неустойчивост; 2) Ключовата роля на взаимодействието на близките МВ в ЕП за вида на еруптивната неустойчивост, както и за типа на ерупцията; 3) Спецификата на взаимовръзката между спиралната и кинематична еволюция на ЕП, вида на еруптивна неустойчивост, типа на ерупция и параметрите на асоциираните СИ и ИКМ. Тези детайли са основа за подобряване на теоретичните изследвания – по-адекватни и ефективни модели, симулации и прогнози, особено за ранните етапи на еруптивните прояви на Слънцето, което е особено важно при прогнозиране на въздействието на тези прояви върху космическия климат и Земята.

Постигнатите резултати в тази област на РП5 през първи етап на проекта, са публикувани в следните статии:

1. **Duchlev, Peter; Dechev, Momchil; Koleva, Kostadinka:** Different types of filament's flux rope eruptions initiated by helical kink instability, AIP Conference Proceedings, 2075, 2019, 090021. **SJR: 0.165**, <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5091235>
2. **Duchlev, P., Dechev, M., Koleva, K.,** 2019, Two Different Cases of Filament Eruptions Driven by Kink Instability, Bulgarian Astronomical Journal, 30, 2019, 99, ISSN:1313-2709. **SJR: 0.174** <http://astro.bas.bg/AIJ/issues/n30/PDuchlev.pdf>

3. **Koleva Kostadinka, Peter Duchlev and Momchil Dechev:** Asymmetric Filament Eruption Followed by Two-Ribbon Flare, Publ. Astron. Soc. “Rudjer Bošković”, 18, 217-223, Skripta Internacional, Beograd, 2018, ISBN:978-86-89035-11-7. 01 Nov 2014
4. **Duchlev P., Koleva K., Dechev M.:** Initiation, Interaction and Eruption of Filament Flux Ropes from the Perspective of Their Magnetic Twist and Environment, 10th Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, 4-8 June, 2018, Primorsko, Bulgaria, Eds K. Georgieva, B. Kirov and D. Danov, 2018, pp. 7-12. DOI: 10.31401/WS.2018.proc

Резултати по хелиофизика представени на научни форуми:

1. **Dechev, M., K. Koleva and P. Duchlev,** Complex Eruptive Dynamics Leading to a Prominence Eruption and a Partial-Halo Coronal Mass Ejection, European Geophysical Union General Assembly, Vienna, Austria, 23-28 April, 2017 (постер)
2. **M. Dechev, K. Koleva and P. Duchlev,** Homologous Prominence Non-Radial Eruptions, ин “Solar Wind 15”, Брюксел, Белгия, 18-22 June (постер)
3. **Koleva, K.; Duchlev, P.; Dechev, M.; Miteva, R.; Kozarev, K.;** Veronig, A.; Temmer, M.: Filament Eruptions Associated with Flares, Coronal Mass Ejections and Solar Energetic Particle Events, in 10th Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, 4-8 June, 2018, Primorsko, Bulgaria, Eds K. Georgieva, B. Kirov, D. Danov, 2018 (постер)

В областта на планетните изследвания резултатите са представени в следните публикации:

1. R. Kokotanekova, C. Snodgrass, P. Lacerda, S. F. Green, **P. Nikolov, T. Bonev,** Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 479, Issue 4, p.4665-4680, Pub. Date: October 2018, <https://academic.oup.com/mnras/article-abstract/479/4/4665/5035827?redirectedFrom=fulltext>, **IF = 5.194; SJR = 2.64, Q1.**
2. G. Borisov, M. Devog`ele, A. Cellino, S. Bagnulo, A. Christou, Ph. Bendjoya, J.-P. Rivet, L. Abe, D. Vernet, Z. Donchev, Yu. Krugly, I. Belskaya, **T. Bonev,** D. Steeghs, D. Galloway, V. Dhillon, P. O’Brien, D. Pollacco, S. Poshyachinda, G. Ramsay, I. E. Thrane, K. Ackley, E. Rol, K. Ulaczyk, R. Cutter, M. Dyer, Rotational variation of the linear polarisation of the asteroid (3200) Phaethon as evidence for inhomogeneity in its surface properties? Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, Volume 480, Issue 1, p.L131-L135, Pub Date: October 2018, <https://doi.org/10.1093/mnras/sly140>, **IF = 5.194; SJR = 2.64, Q1**
3. Donchev Z., Vchkova Bebekovska E., Kostov A., Apostolovska G., Lightcurve and rotation period determination for asteroid 3634 Iwan, Bulgarian Astronomical Journal, **SJR = 0.174, Q4,** <http://www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n29/ZDonchev.pdf>
4. Bebekovska, Elena V.; Kostov, Andon; Donchev, Zahary; Apostolovska, Gordana, Asteroid photometry in 2017 from national astronomical observatory Rozhen, AIP

Conference Proceedings, **SJR = 0.182**,
<https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5091230>

Обобщение на резултатите, постигнати в рамките на РП5 за първи етап на проекта:

2 статии с общ IF = 10.388

6 статии с общ SJR = 5.975 (2 от 6-те статии са тези, които имат и IF)

2 в други издания

РП5.5: Резултати постигнати през Етап 2 на проекта.

В частта еволюция на Слънцето са установени нови детайли по отношение на: 1) Физическите процеси, протичащи в близкото обкръжение на еруптивните протуберанси (ЕП), които водят до възникване и развитие на съответни вид еруптивна неустойчивост; 2) Ключовата роля на взаимодействието на близките МВ в ЕП за вида на еруптивната неустойчивост, както и за типа на ерупцията; 3) Спецификата на взаимовръзката между спиралната и кинематична еволюция на ЕП, вида на еруптивна неустойчивост, типа на ерупция и параметрите на асоциираните СИ и ИКМ. Тези детайли са основа за подобряване на теоретичните изследвания – по-адекватни и ефективни модели, симулации и прогнози, особено за ранните етапи на еруптивните прояви на Слънцето, което е особено важно при прогнозиране на въздействието на тези прояви върху космическия климат и Земята.

В областта на планетните изследвания бяха получени, анализирани и публикувани данни за повече от 20 астероида. Определени бяха техните форма, ротационни параметри и еволюция на орбитните елементи. Бяха получени данни и за 25 комети, които бяха използвани за определяне на повърхностната яркост на комата и праховата опашка, промени в морфологията, построяване на дългопериодични криви на блясъка. По-ярките комети дадоха възможност за измерване на поляризацията на праха в околядрената област, използвайки специализирана апаратура с 2-метровия телескоп на Националната астрономическа обсерватория Рожен. Част от тази апаратура бе проектирана и изработена в работилницата на Института по астрономия.

Резултатите са публикувани в следните статии:

1. **Duchlev, P., Dechev, M., Koleva, K.**, 2021, "A Surge Preceding Prominence Eruption on 2014 March 14: Case Study", Bulgarian Astronomical Journal, 35, 39-54. **SJR: 0.259 Q4** <https://astro.bas.bg/AJ/issues/n35/PDuchlev.pdf>
2. **Duchlev, P.**, 2021, "Prominence eruptions as precursors of coronal mass ejections", Bulgarian Astronomical Journal, 34, 30-53. [2021BlgAJ...34..30](#) **SJR: 0.259 Q4**

3. Apostolovska G., Vchkova Bebekovska E., **Kostov A.**, Donchev Z., Asteroid collisions as origin of debris disks: Asteroid shape reconstruction from BNAO Rozhen photometry, IAUS, 2020, 350, 451, **SJR = 0.124, Q4**, <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/S1743921319009426>
4. Vchkova Bebekovska E., Todorovic N., **Kostov A.**, Donchev Z., Borisov G., Apostolovska G., The Physical and Dynamical Characteristics of the Asteroid 4940 Polenov, SerAJ , 2021, 202, 39 **SJR = 0.196, Q4** (SJR и Q са за 2020-та година), <http://saj.matf.bg.ac.rs/202/pdf/039-049.pdf>
5. I. Belskaya, A. Berdyugin, Yu. Krugly, Z. Donchev, A. Sergeev, R. Gil-Hutton, S. Mykhailova, **T. Bonev**, V. Pirola, S. Berdyugina, M. Kagitani, T. Sakanoi, Polarimetry of M-type asteroids in the context of their surface composition, 2022, Astronomy and Astrophysics, **IF = 6.240**, (accepted for publication), <https://arxiv.org/abs/2204.04929>
6. Donchev Z., Vchkova Bebekovska E., **Kostov A.**, Apostolovska G., **Lightcurve and rotation period determination for asteroid 3634 Iwan**, Bulgarian Astronomical Journal, **SJR = 0.158, Q4**, <http://www.astro.bas.bg/AIJ/issues/n29/ZDonchev.pdf>
7. Bebekovska, Elena V.; **Kostov, Andon**; Donchev, Zahary; Apostolovska, Gordana, **Asteroid photometry in 2017 from national astronomical observatory Rozhen**, AIP Conference Proceedings, **SJR = 0.19, Q4**, <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5091230>

Участия в научни форуми, на които са представени резултати от проекта:

1. **Dechev M. Ts., Koleva K., Duchlev P.**, Miteva R.: 2019, Double Filament Eruption and Associated Ribbon Flare and Halo Coronal Mass Ejection, Eleventh Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, K. Georgieva, B. Kirov and D. Danov Eds., ISSN 2367-7570 pp. 13-16. doi: [10.31401/WS.2019.proc](https://doi.org/10.31401/WS.2019.proc)
2. E. V. Bebekovska, **A. Kostov**, Z. Donchev, G. Apostolovska., 10-th Jubilee Conference of the Balkan Physical Union (BPU10), 26-30 August, 2018, Sofia, Bulgaria, Asteroid Photometry in 2017 from National Astronomical Observatory Rozhen, https://bpu11.info/old-bpu10/bpu10.balkanphysicalunion.com/wp-content/uploads/2018/07/BPU10_Detailed_Program_Tentative.pdf
3. Apostolovska G., Vchkova Bebekovska E., Borisov G., **Kostov A.**, Donchev Z., Modeling asteroid shapes using BNAO Rozhen photometric data in combination with sparse data, EPSC, 2021, EPSC2021-792, <https://meetingorganizer.copernicus.org/EPSC2021/EPSC2021-792.html>

5. Популяризиране на резултати от проекта сред в обществото

Т. Бонев, А. Костов

Кампания „БАН представя своите институти“: Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, 17.10.2018, София
МАЛКИ ТЕЛА В СЛЪНЧЕВАТА СИСТЕМА

РП5.6: Обяснение за постигнати допълнителни резултати през отчетния период

Резултатите, постигнати през отчетния период, значително надвишават планираните. За първи етап бе планирано (1) получаване на наблюдателен материал, (2) анализ на получените данни и подготовка за публикуване и (3) публикуване на 2 статии – (1) и (2) са изпълнени, а по точка (3) се отчитат общо 6 статии в списания с IF или SJR (виж т. РП4.4 в този отчет). Няколко обстоятелства допринесоха за постигането на резултати по-големи от планираните. Първото от тях е въвеждането в експлоатация на нови детектори (CCD камери от най-ново поколение) в началото на изпълнение на проекта. Новите детектори се характеризират с по-висока чувствителност в целия видим диапазон на електромагния спектър, по-високо отношение сигнал/шум при еднакви други условия и подтискане на интерференчните ивици „замърсяващи“ червения край на спектрите и изображенията (фринджинг). Тези подобрени характеристики доведоха до по-ефективно използване на наблюденията с 2-метровия телескоп на Националната астрономическа обсерватория, което от своя страна оказва положителен ефект върху изпълнението на първата дейност, заложена в работния пакет - получаването на нов наблюдателен материал. Друго обновяване, от изключително значение за ускоряване на дейностите по проекта, бе подобряването на комукационната инфраструктура, включващо оптимизиране на локалната мрежа в Института по астрономия в София и в НАО Рожен, както и оптичното свързване на НАО към Българската Образователна и Изследователска Мрежа (БИОМ), а чрез нея и към Европейското изследователско пространство (GEANT). Инфраструктурните подобрения, в комбинация с високата квалификация на членовете на екипа на проекта и успешното включване на младите учени в изпълнението на планираните дейности, доведоха до постигане на целите на проекта и на допълнителни резултати през отчетния период. Важна роля за постигнатите резултати изиграи широкото международно сътрудничество по някои от тематиките, които са застъпени в РП5.

Заклучение

Всички планирани дейности в проекта „Еволюционни процеси в астрофизиката – синергия между наблюденията и теорията“ са осъществени. Отчитаме един успешен проект, с постигнати цели и резултати, които надвишават планираните. В проектното предложение планирахме за първи етап общ брой на публикациите минимум 10 в списания с импакт фактор/ранг. За първи етап отчитаме общо 38 статии, с общ импакт фактор, $IF = 56.823$ и общ ранг на изданията, $SJR = 8.541$. За втори етап броят на публикуваните статии също надвишава планираните. Публикувани са 24 статии с общ импакт фактор 156.503 и 8 статии с общ импакт ранг 1.877 . **Така проектът завършва с общ брой статии 70, с общ импакт фактор = 213.326 и общ импакт ранг = 10.418.** В тези данни не са включени статиите, публикувани в издания, за които липсват

наукометрични показатели (примерно сборници съдържащи презентациите от конференции).

Значителна част от резултатите са представени на национални и международни научни форуми, някои от тях станаха достояние и на широката общественост. Няколко фактора изиграха важна роля за успешното завършване на проекта – инфраструктурни подобрения, високата квалификация на участниците и активното включване на младите колеги във всички фази на проекта. Успешното осъществяването на дейностите по проекта, постигането на неговите цели и разпространението на резултатите, включително и сред широката общественост не би било възможно без финансовата подкрепа от страна на ФНИ чрез дог. ДН 18/13-12.12.2017 г.