

УДК 520.1:378.4(477.411)КНУ"2023"  
DOI: <https://doi.org/10.17721/BTSNUA.2023.67.71-73>

Володимир ЄФІМЕНКО, канд. фіз.-мат. наук  
ORCID ID: 0000-0003-4167-4952  
e-mail: efim@knu.ua

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

## АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА У 2023 р.

2023 р. в Астрономічній обсерваторії працювали 67 співробітників, з яких 48 штатних і 19 сумісників, науковців – 35 (9 докторів наук і 15 кандидатів наук). Упродовж року виконували 5 бюджетних тем.

Отримано такі основні наукові результати. Досліджено космологічні й астрофізичні прояви  $f(R)$ -гравітації як інфляційної теорії і як кандидата в темну матерію. Показано, що модифікована теорія гравітації, з іншим виразом для дії, може мати спостережні прояви, що інтерпретуються як прояви існування темної матерії.

Розглянуто механізми прискорення космічних променів на фронтах релятивістських ударних хвиль у релятивістських струменях-джетах активних ядер галактик (АЯГ), розраховано очікувані потоки та спектри космічних променів нетеплового та нейтринного випромінювання від них, оцінено перспективи реєстрації цих потоків детекторами черенковських телескопів СТА та IceCube.

На основі фотометричних, поляриметричних і спектральних спостережень досліджено нестационарні процеси в короткоперіодичній кометі 67P/Churyumov-Gerasimenko, гіперболічній кометі C/2013 X1, активному астероїді 2005 QN173 та кентаврї 174P/Echeclus. Отримано морфологічні, оптичні, фізичні та хімічні характеристики досліджуваних об'єктів. Ґрунтуючись на даних космічної місії "Rosetta" до комети 67P/C-G, запропоновано новий метод прямого визначення об'ємного розподілу пилу в комі за фотометрією тині від ядра. Вперше зареєстровано утворення нестійкої атмосфери в околі ядра під час спалаху.

Отримано нові спостережні дані, що підтверджують існування сильних магнітних полів (до  $10^5$  Гс) у потужних сонячних спалахах – на два порядки сильніших, ніж добре відомі магнітні поля у сонячних плямах. На основі вивчення кривих зростання сонячної активності у попередніх 24 циклах розраховано прогноз поточного 25-го циклу і зроблено висновок, що амплітуда згладжених чисел сонячних плям у поточному циклі очікується в межах  $150 \pm 30$  одиниць.

За результатами досліджень опубліковано 2 монографії, 2 навчальні посібники, 75 наукових статей, зроблено 89 доповідей на наукових конференціях.

**Ключові слова:** відділ астрофізики, сектор астрометрії і малих тіл Сонячної системи, національне надбаня, міжнародна наукова конференція.

### Вступ

Інформацію про роботу Астрономічної обсерваторії у 2022 р. подано у Віснику Київського університету (Єфіменко, 2022). Тут висвітлено результати наукових досліджень і найважливіші події у житті обсерваторії за 2023 р.

2023 р. в Астрономічній обсерваторії працювали 67 співробітників (стан на грудень 2023 р.), з яких 48 штатних і 19 сумісників, науковців – 35 (9 докторів наук і 17 кандидатів наук), серед яких 18 штатних і 17 сумісників, обслуговуючого персоналу – 32 працівники. Захистили дисертації на здобуття ступеня доктора філософії В. Войцехівський (науковий керівник Б. Гнатик) і О. Сташко (науковий керівник В. Жданов).

Упродовж року зміни у структурі обсерваторії не було: до її складу входили відділ астрофізики (зав. відділу д-р фіз.-мат. наук, професор В. Жданов), сектор астрометрії та малих тіл Сонячної системи (зав. сектору канд. фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник І. Лук'яник) та 2 спостережні станції (с. Лісники Києво-Святошинського району і с. Пилиповичі Бородянського району Київської області). 2023 р. університет провів реорганізацію музеїв, які працюють у його складі. Астрономічний музей (зав. музею Л. Казанцева) отримав статус відокремленого структурного підрозділу і продовжує свою діяльність у співпраці з обсерваторією.

Обсяг бюджетного фінансування 2023 р. становив: 4940,4 тис. грн за програмою "наука" і 2422,6 тис. грн за програмою "освіта", договірною – 2332,0 тис. грн.

**Тематика наукових досліджень.** Упродовж року виконувались 5 бюджетних тем: "Релятивістська гравітація, темна матерія і темна енергія в позагалактичних і космологічних об'єктах", науковий керівник С. Парновський, д-р фіз.-мат. наук, професор; "Діагностика пилу в активних малих тілах Сонячної системи та навколоземному космічному просторі", науковий керівник В. Розенбуш, д-р фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник; "Активні процеси на Сонці, магнітні поля і їхній вплив на зміни клімату", науковий керівник В. Лозицький, д-р фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник; "Багатоканальні дослідження процесів генерування космічних променів і нетеплового випромінювання в релятивістських струменях астрофізичних об'єктів", науковий керівник В. Данилевський, канд. фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник; "Мультихвильові дослідження космічних джерел гамма-випромінювання в рамках проекту Cherenkov Telescope Array (СТА)", науковий керівник В. Пономаренко, канд. фіз.-мат. наук.

Також співробітники обсерваторії брали участь у виконанні розділу теми № 21БНН-06 "Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку "Математичні науки та природні науки", науковий керівник професор М. Макарець, відповідальний виконавець розділу І. Лук'яник. Виконано договірну тему № 23ДФ023-01 "Проведення комплексу досліджень спостережних проявів темної матерії і темної енергії в моделях космологічних та астрофізичних об'єктів згідно з технічним завданням", науковий керівник професор В. Жданов. Виконано роботи з утримання, збереження та розвитку об'єкта національного надбання Горизонтальний сонячний телескоп Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, науковий керівник д-р фіз.-мат. наук В. Лозицький.

### Результати

**Астрофізика.** Досліджено космологічні й астрофізичні прояви  $f(R)$ -гравітації як інфляційної теорії і як кандидата в темну матерію. Показано, що модифікована теорія гравітації, яка схожа на ЗТВ, але з іншим виразом для дії, може мати спостережні прояви, схожі на ті, що інтерпретуються як прояви існування темної матерії (В. Жданов, Ю. Штанов).

© Єфіменко Володимир, 2023

Розроблено модель захоплення частинок темної матерії під час формування галактик із використанням методів теорії катастроф (С. Парновський та Р. Дюррер (Женевський університет)).

Досліджено механізми прискорення космічних променів на фронтах релятивістських ударних хвиль з урахуванням внесків механізмів Фермі I та II роду під час спалахової активності в релятивістських струменях-джетах активних ядер галактик (АЯГ), розраховано очікувані потоки та спектри космічних променів, нетеплового (оберненого комптонівського) та нейтринного випромінювання від них, оцінено перспективи реєстрації цих потоків детекторами черенковських телескопів СТА та IceCube (Б. Гнатик, Р. Гнатик).

Моделюванням даних спектральних спостережень космічних місії XMM-Newton, Suzaku і Swift розраховано потужності джетів блазара 55 BL LAC і активних ядер галактик 3C 111, 3C 120 і NGC 1275 (О. Федорова).

Виявлене поляризоване радіовипромінювання від залишку SN1987A відкриває можливість розкрити структуру магнітного поля перед надною в навколосоряному середовищі. Властивості, отримані в результаті прямих вимірювань, будуть важливі для розуміння зірок-попередників та їхніх магнітних полів. Як перший крок до цієї мети взято гідродинамічні дані з розробленої тривимірної (3D) числової моделі SN1987A. Розроблено наближений метод "реконструкції" тривимірної структури магнітного поля всередині залишку надною на "гідродинамічному фоні". За допомогою такої тривимірної магнітогідродинамічної моделі синтезовано поляризаційні карти для ряду моделей SN1987A та виконано їхнє порівняння із спостереженнями. Отже, розглянуто різні початкові конфігурації магнітного поля, а також структуру синхротронного випромінювання в SN987A. Після відновлення спостережуваної картини поляризації виявлено, що радіальна складова навколишнього магнітного поля перед надною повинна бути домінуючою в масштабі довжини сучасного радіуса SN1987A (О. Петрук).

**Астрометрія та малі тіла Сонячної системи.** На телескопах АО КНУ (Лісники) проведено спостереження 14 комет (630 положень) і 12 астероїдів (252 положення). Результати спостережень опубліковано в Minor Planet Center Circulars. Фотометричні та спектральні спостереження вибраних комет і астероїдів проведено на 1,3-метровому (Skalnate Pleso, Словаччина), 10,4-метровому і 2,5-метровому (La Palma, Іспанія) телескопах. Поляриметрію супутників Юпітера і Сатурна виконано на 2,6-метровому (КрАО) і 2-метровому (Терскол) телескопах.

На основі квазіодносонних фотометричних, поляриметричних і спектральних спостережень досліджено нестационарні процеси в короткоперіодичній кометі 67P/Churyumov–Gerasimenko і гіперболічній кометі C/2013 X1 (PanSTARRS), активному астероїді (248370) 2005 QN173 та кентаврї 174P/Echeclus. Отримано морфологічні, оптичні, фізичні та хімічні характеристики досліджуваних об'єктів, зокрема, побудовано карти просторового розподілу яскравості, кольору та поляризації по комах і виявлено джетові структури в них, отримано спектральний розподіл енергії та ідентифіковано емісії у спектрах, визначено швидкості газо- та пилоутворення, колір і лінійну поляризацію. За результатами моделювання знайдено хімічний склад пилових частинок у комах. Ґрунтуючись на даних космічної місії "Rosetta" до комети 67P/C-G, запропоновано новий метод прямого визначення об'ємного розподілу пилу в комі за фотометрією тіні від ядра. Вперше зареєстровано утворення нестійкої атмосфери в околі ядра під час спалаху.

Для вибраних 12 метеорів, які мають фотометричні та спектральні базисні спостереження, вперше розраховано координати метеорних радіантів, параметри атмосферних траєкторій, геліоцентричні орбітальні параметри, встановлено їхню ортоналежність до відповідних метеорних потоків, визначено позаатмосферні маси метеороїдів. Створено каталог ототожнених емісійних ліній у спектрах метеорів і проведено їхню класифікацію за типом метеорних спектрів. Виявлено ефект теплового впливу Сонця на фізико-хімічні властивості метеороїдів, що мають перигелійні відстані орбіт  $q < 0,1$  а. о. Запропоновано оригінальний метод оброблення фрагментованих метеорів, що дозволило визначити параметри гальмування та масу кожного окремого фрагмента, що покращує розуміння процесу взаємодії крупних метеороїдів з атмосферою Землі.

Вперше отримано фазові та довготні криві поляризації для супутників Юпітера Io і Ганімеда та визначено їхні параметри. В результаті чисельного моделювання визначено оптичні характеристики частинок реголіту супутників (В. Розенбуш, О. Іванова, І. Лук'яник, В. Клецонок, П. Козак, А. Мозгова).

В межах модернізації телескопа АЗТ-8 проведено тестові спостереження зоряних полів, які показали необхідність установлення високоточного модуля кріплення коректора коми в поєднанні з автоматичним модулем фокусування (І. Лук'яник, М. Буромський).

**Фізика Сонця, сонячно-земні зв'язки.** Отримано нові спостережні дані, що підтверджують існування екстремально сильних магнітних полів діапазону  $10^5$  Гс у потужних сонячних спалахах – на два порядки сильніших, ніж добре відомі магнітні поля у сонячних плямах. Вперше виявлено спектральні ознаки того, що в районі сейсмічного джерела великого сонячного спалаху бала X17/2.4В існували не тільки магнітні поля вказаного діапазону, але також опускання плазми з дискретними швидкостями в межах 200–435 км/с (В. Лоцицький, І. Яковкін, Н. Лоцицька).

На основі вивчення кривих зростання сонячної активності у попередніх 24 циклах розраховано прогноз поточного 25-го циклу і зроблено висновок, що амплітуда згладжених чисел сонячних плям у поточному циклі очікується в межах  $150 \pm 30$  одиниць, тобто цей цикл буде дещо потужнішим за попередній 24-й цикл, який мав максимум 116 одиниць у 2014 р. Максимум 25-го циклу очікують у листопаді 2024 р. – січні 2025 р. (В. Єфіменко, В. Лоцицький).

Розроблено нову гідродинамічну модель сонячного 11-річного циклу, в основі якої лежить гіпотеза про виникнення глобальних гідродинамічних потоків плазми у результаті втрати стійкості неоднорідного обертового шару речовини в конвективній зоні. Показано, що знайдені розв'язки описують усі спостережені на поверхні Сонця глобальні потоки: постійну меридіональну циркуляцію від екватора до полюсів, крутильні коливання та просторово-часові варіації меридіонального потоку (В. Криводубський).

Отримано нові спостережні дані про вміст і характеристики аерозольних частинок в атмосфері над Києвом, а також оцінки енергетичних потоків прямого сонячного проміння від сонячного диска у діапазоні спектра від 0,2 мкм до 4,0 мкм, що падав на земну поверхню та покидав атмосферу над Києвом на її верхній межі. Ці оцінки показують, що в цілому аерозольні частинки створюють негативний радіаційний форсинг на верхній межі атмосфери і отже, протидіють її нагріванню (В. Данилевський).

**Дискусія і висновки**

Співробітниками обсерваторії 2023 р. опубліковано 2 монографії, 2 навчальні посібники, 72 наукові статті, з них 41 увійшли до наукометричної бази Scopus, 10 статей у фахових журналах, 21 статтю у працях міжнародних конференцій, що входять до бази Scopus; проведено 3 міжнародні конференції "Астрономія і фізика космосу в Київському університеті", 23–26 травня 2023 р., Міжнародні Чурюмовські читання "КАММАК-2023", 31 жовтня – 3 листопада 2023 р., XI Всеукраїнську наукову конференцію "Астрономія і сьогодні", Вінниця, 12 квітня 2023 р.; зроблено 89 доповідей на наукових конференціях.

**Список використаних джерел**

Єфіменко, В. (2022). Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка у 2022 р. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Астрономія"*, 2(66), 49–52.

**References**

Efimenko, V. (2022). Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv in 2022. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Astronomy*, 2(66), 49–52 [in Ukrainian].

Отримано редакцією журналу / Received: 15.12.23

Прорецензовано / Revised: 17.12.23

Схвалено до друку / Accepted: 19.12.23

Volodymyr EFIMENKO, PhD (Phys. & Math.)

ORCID ID: 0000-0003-4167-4952

e-mail: efim@knu.ua

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

**ASTRONOMICAL OBSERVATORY OF TARAS SHEVCHENKO  
NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV IN 2023**

*In 2023, the Astronomical Observatory employed 67 employees, including 48 full-time and 19 part-time workers, 35 scientists (9 doctors of science and 15 candidates of science). During the year, 5 budget topics were implemented.*

*Main scientific results. The cosmological and astrophysical manifestations of  $F(R)$  gravity, as an inflationary theory and as a candidate for dark matter, were studied. It is shown that a modified theory of gravity, with a different expression for the action, can have observable manifestations that are interpreted as manifestations of the existence of dark matter.*

*The mechanisms of the acceleration of cosmic rays at the fronts of relativistic shock waves in the relativistic jets of active galactic nuclei (AGN) were considered, the expected fluxes and spectra of cosmic rays of non-thermal and neutrino radiation from them were calculated, and the prospects of registering these fluxes with the detectors of the STA and IceCube Cherenkov telescopes were assessed.*

*On the basis of photometric, polarimetric and spectral observations, non-stationary processes in the short-period comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, the hyperbolic comet C/2013 X1, the active asteroid 2005 QN173 and the centaur 174P/Echeclus were studied. Morphological, optical, physical and chemical characteristics of the researched cometary objects were obtained. Based on data from the "Rosetta" space mission to comet 67P/C-G, a new method for direct determination of the volume distribution of dust in the coma by nuclear shadow photometry is proposed. For the first time, the formation of an unstable atmosphere around the nucleus during an outburst was recorded.*

*New observational data have been obtained that confirm the existence of strong magnetic fields (up to 105 Gs) in powerful solar flares – 2 orders of magnitude stronger than the well-known magnetic fields in sunspots. Based on the study of the growth curves of solar activity in the previous 24 cycles, the forecast of the current 25th cycle was calculated and it was concluded that the amplitude of the smoothed numbers of sunspots in the current cycle is expected to be within  $150 \pm 30$  units.*

*Based on the results of research, 2 monographs, 2 textbooks, 75 scientific articles, 89 reports at scientific conferences were published.*

**Keywords:** Department of Astrophysics, Sector of Astrometry and Small Bodies of the Solar System, National Property, International Scientific Conference.

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The author declares no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.