

В. Єфіменко, канд. фіз.-мат. наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА У 2021 р.

2021 р. в Астрономічній обсерваторії працювало 60 працівників, з яких 48 штатних і 12 сумісників, у науковій роботі брали участь – 34 співробітники (9 докторів наук і 17 кандидатів наук). Упродовж року виконувалися 4 бюджетні і 2 договірні теми.

Основні наукові результати. Розроблено метод розрахунку локальних характеристик лінзового відображення в околах критичних кривих. Послідовний аналіз локальних характеристик процесу мікролінзування з таким ступенем деталізації проведено вперше. Результат є важливим для аналізу подій зі значним підсиленням у позагалактичних гравітаційно-лінзових системах. Унаслідок комплексних досліджень малих тіл Сонячної системи проведено діагностику властивостей пилової та газової атмосфери досліджуваних активних об'єктів шляхом чисельного моделювання і пошук зв'язків між фізичними і динамічними характеристиками об'єктів різних популяцій. Розпочато модернізацію спостережної бази університету в с. Лісники – придбано нову ПЗЗ-камеру для телескопа АЗТ-8, на основі придбаних телескопа Celestron та ПЗЗ-камер серії Atik Infinity створено мобільний комплекс для спостережень явищ покриття зір астероїдами. За спостереженнями із сонячним фотометром міжнародної мережі AERONET отримано нові дані про вміст і характеристики аерозольних частинок у стовпі атмосфери над Києвом протягом 2019–2021 рр., виявлено й оцінено сезонні та міжрічні варіації спектральної оптичної товщини аерозольної складової атмосфери та її впливу на енергетичний баланс атмосфери над Києвом протягом 12 років неперервних спостережень.

За результатами досліджень опубліковано монографію, 68 наукових статей, зроблено 76 доповідей на наукових конференціях.

Ключові слова: відділ астрофізики, сектор астрометрії і малих тіл Сонячної системи, національне надбання.

Інформацію про роботу Астрономічної обсерваторії за 2020 р. подано у Віснику Київського університету [1]. Тут висвітлено результати наукових досліджень і найважливіші події у житті обсерваторії за 2021 р.

Структура та склад. На початок 2021 р. в Астрономічній обсерваторії працювало 48 штатних працівників і 12 сумісників, з них співробітників, які беруть участь у виконанні НДР – 34, зокрема доктори – 9, кандидати наук – 17; обслуговуючий персонал – 23; штат музею – 1. У науковій роботі брали участь аспіранти та студенти кафедри астрономії та фізики космосу фізичного факультету університету. Захистила докторську дисертацію О. Іванова, вчене звання старшого дослідника отримав В. О. Данилевський.

Упродовж року змін у структурі обсерваторії не було: до її складу входили відділ астрофізики (зав. відділу д-р фіз.-мат. наук, професор В. І. Жданов), сектор астрометрії та малих тіл Сонячної системи (зав. сектору канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб. І. В. Лук'яник), а також дві спостережні станції (с. Лісники Києво-Святошинського району і с. Пилиповичі Бородянського району Київської області). До штату обсерваторії введено посади: провідний інженер (в. о. начальника спостережної станції), яку обійняв М. І. Буромський, і завідувач Астрономічного музею.

2 липня 2021 р. помер провідний інженер, канд. фіз.-мат. наук Федір Іванович Кравцов, який все своє життя присвятив вивченню малих тіл Сонячної системи, досконало знав телескопи спостережної станції обсерваторії.

Обсяг бюджетного фінансування у 2021 р. склав 5465,1 тис. грн, договірного – 1134,095 тис. грн.

3 28 лютого 2020 р. університет працює у режимі локдауну (спочатку повний, потім адаптивний), засідання проводяться через zoom, зокрема і конференції, вчені ради та ін.

Тематика наукових досліджень. Упродовж року виконувалися **5 бюджетних тем:** № 19БФ023-01 "Високоенергетичні явища й активні процеси в астрофізичних і космологічних системах за даними багатоканальних спостережень", науковий керівник **В. І. Жданов**, д-р фіз.-мат. наук, професор, зав. відділу (об'єм фінансування 2589,3 тис. грн); № 19БФ023-02 "Фізичні та динамічні властивості малих тіл Сонячної системи як індикатори їхніх місць походження й еволюції", науковий керівник **В. К. Розенбуш**, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб. (1571,6 тис. грн); № 19БФ023-03 "Маломасштабна структура сонячних магнітних полів, сонячна активність та її вплив на геосферу", науковий керівник **В. Г. Лозицький**, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб. (961,0 тис. грн); № 21БФ023-01 "Високоенергетичні процеси та прояви нової фізики в астрофізичних гамма-джерелах: внесок України в СТА", науковий керівник **В. О. Пономаренко**, канд. фіз.-мат. наук (1047,1 тис. грн); розділ теми № 21БНН-06 "Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку "Математичні науки та природничі науки", науковий керівник проф. **М. В. Макарець**, відповідальний виконавець розділу **І. В. Лук'яник** (480,0 тис. грн); а також **договірна робота:** НФДУ 20ДФ023-01 "Легка темна матерія і динамічна темна енергія у Всесвіті", науковий керівник **В. І. Жданов** (об'єм фінансування 1134,095 тис. грн).

2021 р. співробітниками обсерваторії подано на конкурс МОН (2022–2024 рр.) науково-дослідні роботи із чотирьох тем:

1. "Релятивістська гравітація, темна матерія і темна енергія в позагалактичних і космологічних об'єктах", науковий керівник С. Л. Парновський (виставлені експертами бали: 92.0, 95.0, середній – **93.5**);
2. "Діагностика пилу в активних малих тілах Сонячної системи та навколоземному космічному просторі", науковий керівник В. К. Розенбуш (відповідно: 83.0, 97.0, **90.0**);
3. "Активні процеси на Сонці, магнітні поля і їхній вплив на зміни клімату", науковий керівник В. Г. Лозицький (відповідно: 90.0, 91.0, **90.5**);
4. "Багатоканальні дослідження процесів генерування космічних променів і нетеплового випромінювання в релятивістських струменях астрофізичних об'єктів", науковий керівник В. О. Данилевський (відповідно: 69.0, 92.0, 96.0, **85.67**).

Також подано одну тему на конкурс спільних українсько-словацьких науково-дослідних проєктів для реалізації у 2022–2023 рр. (науковий керівник І. В. Лук'яник), НФДУ (науковий керівник В. К. Розенбуш) та готується одна тема на конкурс **Горизонт 2020** (науковий керівник Б. І. Гнатик).

Співробітниками обсерваторії 2021 р. опубліковано монографію, 68 наукових статей (35 у SCOPUS WoS), з них 27 у зарубіжних виданнях, проведено міжнародну конференцію ("Астрономія і фізика космосу в Київському університеті", 25–28 травня 2021;), зроблено 76 наукових доповідей на конференціях.

Інші важливі події у житті обсерваторії:

У січні 2020 р. ректор університету підписав подання (директора обсерваторії В. М. Єфіменка і декана фізичного факультету М. В. Макаря) на придбання ПЗЗ-камери з блоком світлофільтрів і фільтрів до телескопа АЗТ-8 спостережної станції с. Лісники. Камеру придбано 2021 р. (вартість **444,8 тис. грн**). Також придбано телескоп Celestron (вартість **130,0 тис. грн**) та дві ПЗЗ-камери до нього (вартість **70,0 тис. грн**), за рахунок коштів теми № 21БНН-06 зібрано з придбаних блоків за кошти теми № 21БФ023-01 чотири комп'ютери для класу ВІРГО. За власні кошти обсерваторії в Одеській обсерваторії замовлено і виготовлено механічну частину блоку світлофільтрів для АЗТ-14 (10,0 тис. грн).

У червні 2021 р. вченою радою обсерваторії прийнято програму модернізації телескопів і покращення роботи спостережної станції в с. Лісники. Основними заходами цієї програми у 2021 р. стали такі:

1. Придбання ПЗЗ-камери для телескопа АЗТ-8.
2. Виготовлення блоку світлофільтрів для телескопа АЗТ-14.
3. Уведення посади начальника спостережної станції в с. Лісники.
4. Підписання Угоди про створення спостережного комплексу спільного користування "Спостережна станція Лісники" КНУ імені Тараса Шевченка та ГАО НАНУ.

11 листопада 2021 р. Кабінет Міністрів України прийняв Постанову про віднесення Горизонтального сонячного телескопа Астрономічної обсерваторії, стародруків Наукової бібліотеки і колекції рослин Ботанічного саду університету до об'єктів Національного надбання України. Планується виділення щорічно коштів (близько 400,0 тис. грн на кожен об'єкт) на ремонт і підтримання цих об'єктів у належному стані.

2021 р. проведено наукову конференцію, присвячену 100-річчю з дня народження П. Р. Романчука. За участі сім'ї Романчука і колективу університету (зокрема і працівників обсерваторії) замовлено виготовлення і встановлення пам'ятника П. Р. Романчуку на Совському цвинтарі м. Києва.

Результати наукових досліджень.

Астрофізика. На основі комплексного підходу в теорії гравітаційного лінзування розроблено метод розрахунку локальних характеристик лінзового відображення в околах критичних кривих. Послідовний аналіз локальних характеристик процесу мікролінзування з таким ступенем деталізації проведено вперше. Результат є важливим для аналізу подій зі значним підсиленням у позагалактичних гравітаційно-лінзових системах (О. М. Александров).

Показано, що існує можливість детектування скупчень галактик (СГ) 1656 Å за допомогою масиву Cherenkov Telescope Array (СТА) у випадку жорсткого спектра космічних променів ($\alpha_p \approx 2$). Також ми розглянули внесок активних ядер галактик (АЯГ) у потік нетеплового випромінювання 1656 Å, для яких значення спектрального індексу очікуються на рівні $\alpha_p = 1.4 - 1.8$. У такому випадку забезпечується надійне детектування гамма-випромінювання експериментом СТА та ймовірний сигнал нейтрино в експерименті IceCube. З урахуванням зазначених вище розрахунків СГ А1656 є перспективним об'єктом для дослідження позагалактичного нетеплового випромінювання. Також розглянуто можливість детектування експериментом СТА сигналу від аксіоноподібних частинок (ALPs) в АЯГ усередині надскупчення Персея. Розраховано прогнозовані обмеження СТА щодо ALPs, як функція їхньої маси m_a та зчеплення до фотонів g_{ay} . Оцінено можливий зв'язок скупчень галактик із космічними променями екстремально високих енергій (КПЕВЕ, $E > 10^{20}$ eV) (Б. І. Гнатик, Р. Б. Гнатик).

Проаналізовано дані спостережень залишку наднової Тихо Браге (SN 1572), які отримано космічною рентгенівською обсерваторією Chandra. За даними спостережень створено карту залишку для різних діапазонів енергій фотонів, зокрема і для теплового континууму (4,1–6,0 keV), і ліній Si (1,6–2,1 keV), та S (2,3–2,6 keV). Отримано та проаналізовано спектри теплового рентгенівського випромінювання в найбільш яскравих лініях кремнію та сірки з малих локальних регіонів, які покривають усю поверхню залишку. Ці спектри профітовано з використанням відповідних спектральних моделей xsbremss та gauss1d. Маючи значення положення максимуму ліній у спектрі в локальних регіонах по всій поверхні залишку і враховуючи ефект Доплера, розраховано швидкості руху речовини вздовж променя зору в лініях кремнію та сірки. Досліджено еволюцію молодих залишків наднових зір і магнітного поля в них. Показано, що радіальна складова магнітного поля швидко спадає за фронтом ударної хвилі (О. Л. Петрук, В. В. Бешлей).

Якщо вести спостереження з низьким і середнім зенітним кутом (20–40°), то СТА-N зможе детектувати всі джерела до концентрації $\rho = 10^{-9}$ Мпк⁻³. Спостерігається різке падіння продуктивності до 65 % на високому зенітному куті (60°). Вплив геомагнітного поля виявляється в різниці у 10–30 % у ймовірності детектування для напрямків північного/південного азимута для низьких і високих зенітних кутів. Масив СТА-S показує аналогічні результати, що й СТА-N (у межах 10 % для середнього азимута). Основними відмінностями є більша втрата продуктивності, до 70 %, при високому зенітному куті (60°) і менший вплив геомагнітного поля (різниця 5–15 % в ймовірності детектування для північного/південного азимутальних напрямків для зенітних кутів від низького до високого) (О. М. Сергієнко, В. І. Жданов).

Для об'єктів 1ES 1426+428 і BL Lacertae зафіксовано короткочасну (STV) та довготривалу змінність (LTV) у всіх фільтрах системи Джонсона/Бесселя (BVRI) і при загальній похибці $\approx 0,03^m - 0,1^m$. Виявлено змінність протягом доби (IDV) для блазара BL Lacertae 17/18.11.2018 р. Під час розрахунку показників кольору достовірно виявлено тренди посиніння (BWB) для BL Lacertae в LTV шляхом використання різних пар смуг пропускання. Також із середньою кореляцією (понад 0,5) зафіксовано тренди BWB для 1ES 1426+428. Отже, зростання блиску обох досліджуваних активних ядер галактик відбувалося за рахунок збільшення внеску синхротронного випромінювання джета (В. О. Пономаренко).

Астрометрія та малі тіла Сонячної системи. Найбільш вагомими результатами комплексних досліджень малих тіл Сонячної системи (серед яких комети; активні астероїди; астероїди, які наближаються до Землі і є

потенційно небезпечними; кентаври) за даними власних фотометричних, поляриметричних і спектральних спостережень є діагностика властивостей пилової та газової атмосфери досліджуваних активних об'єктів шляхом чисельного моделювання і пошук зв'язків між фізичними і динамічними характеристиками об'єктів різних популяцій; дослідження першої міжзоряної комети 2I/Borisov, які показали, що властивості пилу і загальна поведінка цієї комети схожа на поведінку більшості комет Сонячної системи; фізичні, хімічні та динамічні властивості комети C/2019 Y1 (ATLAS) під час інтенсивного розпаду її ядра задовго до проходження перигелію. Шляхом чисельного моделювання фізичних процесів нагрівання, плавлення та випаровування побудована самоузгоджена модель руху малих метеороїдів у атмосфері Землі. Уперше отримано детальні високочотні фазові залежності поляризації для активного високоалбедного супутника Юпітера Європи в UVRI-смугах, комп'ютерне моделювання яких із використанням методу RT-SV, який враховує когерентне зворотне розсіяння і перенесення випромінювання показав, що поверхневий шар реголіту складається з льодяних частинок розміром ~16 мікрон і пористістю 70 % (В. К. Розенбуш, О. В. Іванова, І. В. Лук'яник, В. В. Клещонко, П. М. Козак).

Розпочато модернізацію спостережної бази в с. Лісники: придбано нову ПЗЗ-камеру Moravian C4-16000 із блоком світлофільтрів і фільтрами UVRI фотометричної системи Джонсона – Кузінса для телескопа AZT-8; розроблено та виготовлено оптичний редуктор, блок вузькосмугових фільтрів і конструкторська документація на блок широкосмугових фільтрів для телескопа AZT-14; на основі придбаних телескопа Celestron Advanced VX 11 із системою GOTO та ПЗЗ-камер серії Atik Infinity ATK0144 створено мобільний комплекс для спостережень явищ покриття зір астроїдами (І. В. Лук'яник, В. М. Єфіменко, В. В. Клещонко, М. І. Буромський, П. М. Козак).

Фізика Сонця, сонячно-земні зв'язки. За спостереженнями із сонячним фотометром міжнародної мережі AERONET отримано нові дані про вміст і характеристики аерозольних частинок у стовпі атмосфери над Києвом протягом 2019–2021 рр., виявлено й оцінено сезонні та міжрічні варіації спектральної оптичної товщини аерозольної складової атмосфери та її впливу на енергетичний баланс атмосфери над Києвом протягом 12 років неперервних спостережень. Сформульовано рекомендації до методики калібрування на навколоземній орбіті спектрополяриметрів СканПол та МСІП супутникового проєкту “Аерозоль-УА” для досліджень аерозолів у земній атмосфері (В. О. Данилевський).

На основі одночасних спостережень спектральних ліній водню, гелію та іонізованого кальцію у лімбовому сонячному спалаху бала X1.7, який спостерігався 17 липня 1981 р. на ГСТ АО КНУ, виявлено антикореляцію між кінетичною температурою і турбулентною швидкістю. Аргументовано висновок, що спостережені особливості цього ефекту ймовірно вказують на присутність магнітних полів змішаної полярності напруженістю 7–10 кГс, які існували на висоті близько 10 Мм. Отриманий результат має важливе значення для розвитку МГД теорії концентрованих магнітних полів і сонячних спалахів (В. Г. Лозицький, І. І. Яковкін).

На підставі спектрополяриметричних і фільтрових спостережень із високою роздільною здатністю ліній Fe I, Ba II і Ca II на німецькому вакуумному баштовому телескопі VTT обсерваторії Інституту астрофізики на Канарських островах на о. Тенеріфе (Іспанія) зроблено висновок, що збільшення контрасту зі зростанням потужності коливань швидкості, які спостерігаються в активних ділянках сонячної атмосфери (яскраві ділянки факелів), можна розглядати як свідчення того, що ці ділянки виглядають яскравими не тільки через ефект Вільсона, але і завдяки нагріванню сонячної плазми хвилями. Отриманий результат має важливе значення для розв'язання однієї з найактуальніших проблем геліофізики – пошуку механізмів нагрівання хромосфери і корони Сонця (Н. Г. Щукіна).

Для пояснення швидкої дисипації струмів в електромагнітних моделях спалаху досліджено ефект зменшення величини електропровідності в турбулентному середовищі. У результаті проведених розрахунків знайдено, що турбулентна провідність у фотосфері поблизу нульових ліній магнітних конфігурацій груп сонячних плям виявляється на 2–3 порядки меншою від газокінетичної провідності в місцях сильних магнітних полів в околі сонячних плям. Виявлені ділянки аномально низької турбулентної провідності можуть сприяти прискореній дисипації струмів, яка забезпечує ефективне виділення теплової енергії спалахів (В. Н. Криводубський).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Єфіменко В. М. Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка у 2020 р. / В. М. Єфіменко // Вісник Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Астрономія. – 2020. – Вип. 2(62). – С. 34–37.

Надійшла до редколегії 28.12.2021

V. Efimenko, PhD
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

ASTRONOMICAL OBSERVATORY OF TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV IN 2021

In 2020, the Astronomical Observatory had 58 employees, of which 48 full-time and 10 part-time, scientists – 34 (6 doctors of sciences and 17 candidates of sciences). During the year, 4 budget and 3 contractual topics were implemented.

The main scientific results. A method for calculating the local characteristics of the lens reflection in the vicinity of critical curves has been developed. Sequential analysis of local characteristics of the microlensing process with such a degree of detail was performed for the first time. The result is important for the analysis of events with significant amplification in extragalactic gravitational-lens systems. As a result of complex studies of small bodies of the solar system, the properties of the dust and gas atmosphere of the studied active objects are diagnosed by numerical modeling and the relationship between physical and dynamic characteristics of objects of different populations. The modernization of the observation base of the university in the village of Foresters – a new CCD camera for the AZT-8 telescope has been purchased, and a mobile complex for observing the phenomena of star coverage by asteroids has been created on the basis of the acquired Celestron telescope and Atik Infinity series CCD cameras. According to observations with the solar photometer of the international network AERONET, new data on the content and characteristics of aerosol particles in the atmospheric column over Kiev during 2019 – 2021, identified and evaluated seasonal and interannual variations in spectral optical thickness of the aerosol component and its impact on energy balance Kyiv for 12 years of continuous observations.

According to the research results, 1 monograph, 68 scientific articles were published, 76 reports were made at scientific conferences.

Key words: Department of Astrophysics, Department of Astrometry and Small Bodies of the Solar System, national heritage.