

## 180 РОКІВ АСТРОНОМІЧНІЙ ОБСЕРВАТОРІЇ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

**Вступ.** *Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка 2025 р. відзначатиме своє 180-річчя. У 2020 р. обсерваторія відзначила 175 років, до цієї події підготовлено монографію "175 років Астрономічній обсерваторії Київського університету", де викладено історію обсерваторії, розвиток наукових напрямів за час її існування, біографії директорів, перелік захищених докторських і кандидатських дисертацій, історію кафедри астрономії, подано списки випускників, які закінчили повний курс навчання по роках, та інше.*

**Результати.** *Описано зміни, які відбулися в обсерваторії за останні п'ять років, зокрема і зміни у структурі обсерваторії, кадровому складі, заходи з розширення тематики наукових досліджень, забезпечення обладнанням для проведення наукових досліджень. За цей період із різних причин відбулося зменшення кількості наукових працівників, для участі у конкурсах і для виконання виграних тем широко залучалися науковці інших установ на умовах сумісництва. Це допомагало і вигравати нові теми, й успішно їх виконувати.*

*Зроблено важливі кроки з модернізації спостережної бази обсерваторії, зокрема і відновлення функціонування спостережної станції обсерваторії в с. Пилиповичі. Горизонтальний сонячний телескоп (ГСТ) Астрономічної обсерваторії 2021 р. отримав статус Національного надбання (Постанова Кабінету Міністрів України № 1206 від 10.11.2021 р.), що дозволило у наступні роки одержувати невелике фінансування на забезпечення роботи телескопа та виконати деякі роботи з ремонту приміщення ГСТ.*

**Висновки.** *Останні п'ять років науковці Астрономічної обсерваторії у складних умовах (2019–2021 рр. – COVID-19, з 2022 р. – широкомасштабна агресія РФ) продовжували свою роботу. Результати досліджень опубліковано у престижних наукових журналах, виграно наукові конкурси Національного фонду досліджень України. Щорічно проводяться міжнародні наукові конференції "Астрономія та фізика космосу в Київському університеті".*

**Ключові слова:** *астрофізика високих енергій, горизонтальний сонячний телескоп, відділ астрофізики, сектор астрометрії і малих тіл Сонячної системи, національне надбання, міжнародна наукова конференція.*

### Вступ

2025 р. Астрономічній обсерваторії (АО) виповнюється 180 років. Ця дата пов'язана із закінченням будівництва головного корпусу обсерваторії (архітектор – Вікентій Беретті) та введенням його в експлуатацію 1845 р. Варто нагадати, що як структура університету обсерваторія існує з 1835 р., а її перший директор В. Ф. Федоров був призначений на цю посаду 1837 р. Обсерваторія 2020 р. відзначила 175 років, а співробітники підготували монографію "175 років Астрономічній обсерваторії Київського університету", в якій викладено історію обсерваторії, розвиток наукових напрямів за час її існування, біографії директорів, перелік захищених докторських і кандидатських дисертацій, представлено історію кафедри астрономії, подано списки випускників, які закінчили повний курс навчання по роках.

Останні п'ять років науковці АО у складних умовах продовжували свою роботу. Спочатку (2019–2021 рр.) труднощі викликані епідемією COVID-19, а з лютого 2022 р. ще складніші умови зумовлено військовою агресією РФ проти нашої країни. З початком широкомасштабного вторгнення РФ в Україну частина співробітників обсерваторії працювала за кордоном на запрошення колег із цих країн, частина – у західних регіонах України.

Наукову роботу проводили дистанційно. Один співробітник, Роман Гнатик, пішов добровольцем на фронт, також у Збройних силах України воював працівник Львівського інституту прикладної математики імені Підстригача Василь Бешлей, який був виконавцем однієї з тем обсерваторії на умовах сумісництва. 2022 р. виконувалося 4 наукові теми. В кінці 2024 р. співробітниками обсерваторії виконується 6 бюджетних тем і 4 гранти (2 – НФДУ, 1 – ГОРИЗОНТ, 1 – DFG), також ведуться роботи за науковим напрямом "Математичні науки та природничі науки" Київського національного університету імені Тараса Шевченка. За цей період із різних причин відбулося зменшення кількості наукових працівників, особливо серед осіб молодшого віку. Варто зазначити, що для участі у конкурсах і для виконання виграних тем широко залучалися науковці інших установ на умовах сумісництва. Це допомагало і вигравати нові теми, й успішно їх виконувати. За чотири останні роки середня кількість науковців, які працювали в обсерваторії становила 20 штатних і 20 сумісників. Через невеликі обсяги фінансування, працівники зараховувались на неповні ставки – від 0,25 до 0,75 посадового окладу.

Суттєвих змін у структурі Астрономічної обсерваторії за 2021–2024 не відбулося. Можна згадати, що ректор університету призначив Казанцеву Л. В. на посаду завідувача Астрономічного музею Астрономічної обсерваторії і затвердив Положення про музей. Музей отримав статус відокремленого структурного підрозділу університету. В цей період Астрономічна обсерваторія мала такі підрозділи: відділ астрофізики (зав. відділу В. І. Жданов), сектор астрометрії і малих тіл Сонячної системи (зав. сектору І. В. Лук'яник), спостережну станцію в с. Лісники (нач. станції М. І. Буромський), спостережну станцію в с. Пилиповичі (нач. станції О. В. Гельм) та Астрономічний музей (зав. музею Л. В. Казанцева).

В період 2021–2024 рр. зроблено певні кроки з модернізації спостережної бази обсерваторії, зокрема і відновлення функціонування спостережної станції обсерваторії в с. Пилиповичі. У 2021–2024 рр. завдяки придбаній ПЗЗ-камері розпочато модернізацію телескопів АЗТ-8 і АЗТ-14 спостережної станції обсерваторії в с. Лісники. 2023 р. отримав державне фінансування проект модернізації телескопа АЗТ-8 спостереженої станції в с. Лісники, що дозволить автоматизувати процес наведення й отримання спостережних даних. Із цього самого 2023 р. тривають роботи з відновлення спостережної станції в с. Пилиповичі, де планується 2025 р. розмістити придбані телескоп і камери для базисних спостережень метеорів.

Горизонтальний сонячний телескоп (ГСТ) Астрономічної обсерваторії 2021 р. отримав статус Національного надбання згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 1206 від 10.11.2021 р., що дозволило в наступні роки отримувати невелике фінансування для забезпечення роботи телескопа та виконати деякі роботи з ремонту приміщення ГСТ.

Результати роботи за період до 2020 р. викладено в монографії "175 років Астрономічній обсерваторії Київського університету" (Єфіменко та ін., 2020), за 2020–2023 рр. опубліковано у Вісниках Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Єфіменко, 2020; Єфіменко, 2021; Єфіменко, 2022; Єфіменко, 2023).

Нижче коротко подано основні результати, отримані в рамках наукових напрямків за якими велась наукова робота останні декілька років в Астрономічній обсерваторії.

### Результати

**Астрофізика.** Успіхи багатоканальної (multimessenger) астрономії стимулювали новий інтерес до альтернативних моделей компактних об'єктів. З'явилися нові можливості для перевірок загальної теорії відносності у потужних гравітаційних полях. Насамперед варто згадати успішне детектування гравітаційних хвиль, після чого такі події реєструють уже десятками. Надихаючими є перспективи довгохвильового детектора гравітаційних хвиль у космосі, пов'язані з проектом LISA (Laser Interferometer Space Antenna) та науковим консорціумом з тією самою назвою, в якому беруть участь і співробітники Астрономічної обсерваторії.

Дослідження у царині космології та астрофізики бурхливо розвивалися і в останні п'ять років. Теоретичні дослідження в галузі релятивістської астрофізики та космології "сучасного" Всесвіту в основному базується на ЗТВ, яка успішно пройшла всі випробування. Однак досі не розв'язано проблеми, серед яких можна виділити три основні. Це встановлення природи темної матерії та темної енергії, а також визначення причини та перебігу інфляційної стадії розвитку Всесвіту. Для цього теоретики намагаються вийти за межі як Стандартної моделі полів і частинок, так і за межі ЗТВ. Окремим напрямом є розгляд "екзотичних" космологічних об'єктів, природа яких суттєво відмінна, наприклад, від чорних дір, хоча у спостереженнях можна і не бачити ці відмінності (Zhdanov, & Stashko, 2020).

Крім зазначених вище перспектив отримання спостережної інформації з області сильних гравітаційних полів за допомогою детекторів гравітаційного випромінювання, які потребують порівняння Айнштайнівської теорії з її модифікаціями, значний інтерес викликають дослідження "тіні" надмасивних чорних дір за допомогою глобальної інтерферометричної системи "телескоп горизонту подій" (EHT, Event Horizon Telescope). Не варто забувати і традиційніші методи спостережень, пов'язані з реєстрацією високоенергетичного випромінювання акреційних дисків навколо чорних дір, які існують відносно близько від горизонту, яке несе інформацію про властивості гравітаційного поля в цій області. Зображення, яке отримують за допомогою телескопа горизонту подій, це – зображення акреційного диска, спотворене впливом гравітаційного поля. Втім, можна сказати, що саме результати спостережень з EHT слугували суттєвим поштовхом для розроблення моделей "імітаторів чорних дір" (Stashko, Zhdanov, & Alexandrov, 2021).

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що результати щодо якісних властивостей сферично-симетричних конфігурацій із скалярними полями та голими сингулярностями, сформульовані в наших роботах, мають досить загальний характер. Причому висновки про наявність кільцевих структур в акреційних дисках видаються досить надійними; тут залишається лише питання: наскільки параметри систем, за яких можливі такі структури, відповідають реальним об'єктам. Натомість результати щодо нестійкості, отримані в результаті числового моделювання, вимагають додаткових досліджень. З одного боку маємо висновки про нестійкість певних типів ГС для обмеженої області параметрів, що підтверджує гіпотезу "космічної цензури" Пенроуза. Але поза межами цієї області остаточної відповіді немає.

**Астрофізика високих енергій.** Дослідження високоенергетичних астрофізичних процесів за останні роки виявились дуже успішними й увінчались проривними результатами – вони відкрили нову еру гравітаційно-хвильової астрономії внаслідок детектування гравітаційних хвиль від злиття двох чорних дір GW150914 і від злиття двох нейтронних зір GW170817. Нову еру нейтринної астрономії високих енергій ознаменувала ідентифікація блазара TXS 0506+056 як можливого джерела високоенергетичного нейтрино IceCube-170922A. До нових фундаментальних результатів також належить одночасна реєстрація короткотривалого гама-спалаху GRB 170817A (Fermi-GBM), що супроводжував гравітаційно-хвильовий сплеск GW170817 (LIGO-Virgo Coll.) за злиття подвійної системи нейтронних зір. Ці відкриття започаткували епоху багатоканальної астрономії (multimessenger astronomy) – реєстрації астрономічних об'єктів одночасно в декількох каналах: фотони (електромагнітне випромінювання), гравітаційні хвилі, космічні промені, нейтрино.

У відділі астрофізики Астрономічної обсерваторії вже багато років ведуться активні дослідження в царині астрофізики високих енергій. Зокрема, важливі результати отримано за останні п'ять років (2020–2024). У сфері рентгенівської та гама-астрономії досліджувались механізми генерування рентгенівського та гама-випромінювання в активних ядрах галактик (АЯГ), зокрема у блазарах – радіогучних АЯГ із релятивістським струменем-джетом, спрямованим на спостерігача. Для блазарів існує залежність між синхротронним випромінюванням джету в радіодіапазоні та його зворотним комптонівським (ЗК) або синхротронним самокомпонівським (ССК) випромінюванням у рентгенівському діапазоні, оскільки обидва типи випромінювання генеруються тими самими релятивістськими електронами та позитронами плазми джету (Telescope Array Collaboration, 2023; Fedorova et al., 2020).

Важливі результати отримано за напрямом – космічні промені надвисоких енергій. Проведено дослідження найенергетичнішого хвоста КПНВЕ – рідкісних космічних променів екстремально високих енергій (КПЕВЕ,  $E > 10^{20}$  еВ). Реконструкція траєкторій ЕНЕСР в галактичних і позагалактичних магнітних полях відкриває можливість виявити їхні близькі до нас джерела. Найбільш багатообіцяючими кандидатами є Гіпернові з мілісекундним пульсаром/магнетаром, гігантські спалахи магнетарів, Кілонові (злиття двох нейтронних зір), події приливних руйнувань зір у полі надмасивних чорних дір в ядрах галактик тощо, що супроводжуються релятивістськими струменями-джетами з близькими до Землі напрямками. Причому виявлено, що триплет КПЕВЕ, зафіксований детекторами Auger та TA, може мати своїм джерелом магнетар GGR1900+14 чи пов'язані з ним залишок Гіпернової та магнетарно-вітрової туманності.

2015 р. Україну прийняли дійсним членом до престижного міжнародного СТАО-Консорціуму, який має за мету побудову й експлуатацію гама-обсерваторії нового покоління: масиву черенковських телескопів (Cherenkov Telescope Array Observatory, СТАО) для дослідження космічних джерел гамма-випромінювання високих та дуже високих енергій (<https://www.ctao.org/>). Наукова команда Астрономічної обсерваторії складає основу Українського представництва в СТАО. Станом на осінь 2024 р. СТАО-Консорціум включає 1500 членів з 150 інституцій у 25 країнах.

**Малі тіла Сонячної системи.** Дослідження малих тіл Сонячної системи (МТСС – комети різних динамічних класів, астероїди, активні астероїди, кентаври, метеороїди, потенційно небезпечні для Землі об'єкти) є актуальними та різноманітними в зарубіжних дослідницьких центрах – від динамічної та хімічної еволюції сонячної туманності протягом її формування до динаміки та хімічного складу малих тіл. Виконавцями проведених досліджень є: В. К. Розенбуш, О. В. Іванова, І. В. Лук'яник, В. В. Клещонок, П. М. Козак, А. М. Мозгова, В. М. Решетник, М. І. Буромський.

Спостереження МТСС і супутників великих планет проводили на різних телескопах, причому на деяких із них у межах довготермінових спільних наукових програм. Нині авторами накопичено великий масив спостережних даних для різних об'єктів, який отримано раніше різними методами на багатьох телескопах, зокрема і на великих за заявками і в межах міжнародного співробітництва. Протягом 2020–2024 рр. досліджено 45 комет, 5 активних і 8 потенційно небезпечних для Землі астероїдів, 2 кентаври, 8 супутників великих планет, проведених на різних телескопах світу. На спостережній станції АО в с. Лісники моніторингові спостереження 109 комет і 67 астероїдів (без урахування спостережень 2024 р.) проводили для визначення точних положень цих об'єктів, що має особливу практичну цінність для розрахунку їхніх орбіт і, отже, визначення потенційно небезпечних для Землі об'єктів. Усі астрометричні положення опубліковано в електронних циркулярах MPC. В основі проведених досліджень лежить динамічне поєднання результатів спостережень вибраних МТСС з їх обробленням, аналізом та числовим моделюванням, які ґрунтуються на застосуванні сучасних числових методів та алгоритмів і власному програмному забезпеченні.

На основі квазіодночасних фотометричних, спектральних і поляриметричних спостережень великої кількості комет різних динамічних типів і на різних відстанях від Сонця, отримано їхні морфологічні, оптичні, фізичні та хімічні характеристики і досліджено нестационарні процеси в них. За результатами числового моделювання знайдено хімічний склад пилових частинок у комах досліджуваних комет. Проведено детальне дослідження багатьох комет, у тому числі: (i) першої міжзоряної комети 2I/Borisov; (ii) комети C/2019 Y1 (ATLAS); (iii) комети 67P/Churyumov–Gerasimenko у появі 2021/2022 рр.; (iv) далекої комети C/2014 B1 (Schwartz).

Ґрунтуючись на даних космічної місії *Rosetta* до комети 67P/Churyumov–Gerasimenko (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 до висот кількох сотень метрів, яка впливає на швидкість виносу пилових частинок і режим течії газу з поверхні ядра.

Проведено спостереження і дослідження 5 активних астероїдів, рідкісного класу МТСС, орбіти яких типові для астероїдів Головного поясу, але вони демонструють кометні структури – кому або хвіст. Уперше (серед відкритих) отримано зображення активного астероїда в поляризованому світлі й побудовано карти розподілу поляризації по комі та хвосту активного астероїда (248370) 2005 QN173 на фазових кутах  $8^\circ$  і  $23^\circ$ . Виявлено просторові зміни поляризації вздовж хвоста для обох фазових кутів. У спектрі цього астероїда не зареєстровано газових емісій. На основі моделювання пилового хвоста астероїда методом Монте–Карло визначено розмір ядра 1,3 км, швидкість вильоту частинки 12 см/с і втрату маси ядром 2,3 кг/с, загальна маса викинутого пилу  $4,2 \times 10^7$  кг. На основі спостережних даних і числового моделювання показано, що реголіт на поверхні потенційно небезпечного для Землі активного астероїда (3200) Phaethon представляє суміш форстеритових (90 %) і аморфного вуглецю (10 %) частинок.

Проведено спостереження і дослідження 2 кентаврів (29P/Schwassmann-Wachmann 1 і 174P/Echeclus), які є представниками перехідних об'єктів, що походять із популяції об'єктів поясу Койпера. Показано, що основним механізмом іонізації CO і утворення іонів CO<sup>+</sup> в комі комети-кентавра 29P/S-W1 може бути ударна іонізація частинками сонячного вітру. За результатами 8-річних моніторингових спостережень 29P/S-W1 на телескопі АЗТ-8 спостережної станції в с. Лісники встановлено, що згідно з темпом продукування пилу і з урахуванням динамічних властивостей цей об'єкт належить до класу кентаврів, період його обертання становить  $57 \pm 2$  днів і він має 4 активні області на ядрі, розміщені біля екватора, які утворюють 4 джети в комі. За результатами комплексних спостережень 174P/Echeclus виявлено численні активні структури в його комі за відсутності газових емісій під час активності, поляризація є типовою для неактивних кентаврів,  $-(1,20 \pm 0,02) \%$  на  $\alpha = 3,2^\circ$ .

За результатами спостережень метеорного потоку Персеїди у 2019–2021 рр. на відеоспектральному метеорному патрулі, який був розташований на Чугуївській спостережній станції і який знищений окупантами рф 2022 р., спільно з О. В. Голубаєвим (в межах договору про співпрацю Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна і Київського національного університету імені Тараса Шевченка) створено метеорну базу даних, яка налічує 2427 відеофайлів: з них 1923 файли містять записи метеорних явищ в інтегральному світлі, частина з яких є базисними; 504 файли містять записи спектрів метеорів, з яких 44 показують досить яскраві спектри, а 12 є базисними.

Вперше отримано точну форму фазової залежності (ФЗП) поляризації для 3 супутників Юпітера і 5 супутників Сатурна в UBVR<sub>i</sub> смугах та визначено їхні параметри. Проведене комп'ютерне моделювання спостережних даних для супутників Юпітера, яке ґрунтується на методі перенесення випромінювання і зворотного когерентного розсіяння (RT-CB), відтворює спостережену асиметричну ФЗП з різким і вузьким поляризаційним опозиційним ефектом. Спільно з командою W. Sparks (Space Telescope Science Institute, USA) у вересні–жовтні 2022 р. на 2-метровому телескопі з новим прецизійним поляриметром "Polshakh" обсерваторії Тескол проведено синхронні з космічним телескопом Габбла поляриметричні спостереження супутника Юпітера Європи з метою виявлення місць витоку підповерхневого океану на поверхню для їхнього дослідження космічною місією Europa Clipper.

Проведена впродовж 2020–2024 рр. робота є вагомим внеском у фундаментальну науку про малі тіла Сонячної системи, їхню еволюцію, активність тощо. Отримані результати публікувалися у провідних міжнародних журналах та активно презентувалися на наукових конференціях, що свідчить про їхню наукову та практичну значущість. Зокрема,

результати досліджень опубліковано в 34 статтях у журналах квартиля Q1, 7 статтях – Q2, 4 статтях – Q3 та 15 статтях – Q4, та 12 публікацій у наукових виданнях без квартильної класифікації, але які входять до наукометричних баз даних Scopus та Web of Science Core Collection. Результати оприлюднено в 23 фахових виданнях України категорії "Б" та презентовано на 46 конференціях, на яких зроблено 136 доповідей. Наукові результати проекту пройшли апробацію на 39 міжнародних науково-комунікативних заходах, що дозволило поширити здобуті знання серед широкого наукового загалу, а також на 15 національних конференціях. Під час досліджень отримано 11 патентів на корисні моделі та захищено дві дисертації (докторська і кандидатська), що підтверджує практичну цінність та інноваційність отриманих наукових результатів. Крім того, опубліковано дві монографії, які узагальнюють здобуті результати та сприяють поглибленому розумінню еволюції та характеристик малих тіл Сонячної системи.

Проведена робота є результатом плідної співпраці з провідними вченими та науковими установами з різних країн, що дозволило об'єднати найсучасніші методи, моделі й технології досліджень і широкий досвід у вивченні МТСС. Вона відкриває нові перспективи для подальших наукових розробок і застосувань у сфері фізико-хімічних досліджень тіл Сонячної системи та їхньої еволюції.

**Фізика Сонця та сонячна активність.** За період із 2020 до 2024 р. науковці, які працюють у напрямі фізика Сонця і сонячна активність, брали участь у виконанні двох бюджетних наукових тем Міністерства освіти і науки України, виграних у відповідних конкурсах, а саме: "Маломасштабна структура сонячних магнітних полів, сонячна активність та її вплив на геосферу", науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук В. Г. Лозицький; "Активні процеси і магнітні поля на Сонці, їхній вплив на зміни клімату", науковий керівник – д-р фіз.-мат. В. Г. Лозицький.

Виконавцями цих тем були співробітники: В. Г. Лозицький, В. Н. Криводубський, В. М. Єфіменко, Н. Й. Лозицька, В. О. Данилевський, аспірант І. І. Яковкін. Також у виконанні тем брали участь студенти кафедри астрономії та фізики космосу фізичного факультету університету, науковці Інституту космічних досліджень НАН України, відділу фізики Сонця Головної астрономічної обсерваторії НАН України (Н. Г. Щукіна).

Основні наукові результати з напрямку фізика Сонця та сонячна активність були отримані за останні роки, зокрема в таких напрямках: спектральні дослідження магнітних полів Сонця, дослідження сонячного магнетизму в межах теорії макроскопічної МГД, прогнозування амплітуди 25 циклу сонячної активності, сонячна активність і сонячно-земні зв'язки.

Усі основні результати з досліджень магнітних полів базуються на спектральних спостереженнях, проведених на ГСТ Астрономічної обсерваторії. Найвагомим науковим результатом у цьому напрямі є висновок про існування в активних процесах на Сонці екстремально сильних магнітних полів діапазону  $10^4$ – $10^5$  Гс. Цей висновок зроблено вперше ще 30 років тому й опубліковано в журналі "Кінематика і фізика небесних тіл" (Лозицький, 1993, а відтак підтверджено у багатьох подальших дослідженнях).

Упродовж багатьох років у Астрономічній обсерваторії велись теоретичні дослідження, спрямовані на пояснення основних спостережених закономірностей і аномалій магнітної циклічності Сонця на основі  $\alpha\Omega$ -динамо із залученням нових турбулентних ефектів макроскопічної МГД і новітніх геліосейсмологічних даних про внутрішнє обертання Сонця (Krivodubskij, 2021). Підсумки досліджень викладено в підготовленій В. Н. Криводубським монографії "Проблеми турбулентного динамо магнітного циклу Сонця", яка запланована до друку у 2025 р.

Сонячна активність є важливим фактором змін у навколишньому середовищі. Із сонячною активністю тісно пов'язані низка геомагнітних явищ, які значною мірою визначають космічну погоду, глибоко впливаючи на космічне і земне середовище. Маючи надійні прогнози сонячної активності, можемо оцінювати ці індекси і хід пов'язаних із ними природних процесів. Враховуючи важливе значення амплітуди 25 циклу для характеру розвитку циклу у максимальній фазі та на фазі спаду активності до наступного мінімуму активності, детально досліджено фазу зростання циклу, вплив швидкості наростання кількості плям на висоту циклу. Отримані результати дозволяють стверджувати, що амплітуда 25 циклу сонячної активності очікується в межах 150–160 одиниць чисел Вольфа.

Для статистичного дослідження сонячно-земних зв'язків використовують усереднені дані кількості та площі сонячних плям і груп, а також магнітного поля сонячних утворень. Ці величини корелюють із характеристиками сонячного вітру, потоку космічних променів, параметрів навколоземного простору – індексів, що описують космічну погоду, а на проміжку в роки – космічний клімат (Лозицька, 2021). Показано, що коефіцієнт кореляції між міжпланетним магнітним полем та індексом кількості плям суттєво менший, ніж із модулем загального магнітного поля Сонця. Ця різниця обумовлена запізненням максимумів модуля магнітного поля Сонця і компонент міжпланетного простору відносно кількості плям у циклах сонячної активності. Зроблено висновок, що модуль загального магнітного поля Сонця можна використовувати як індекс довготривалих змін сонячної активності.

**Дослідження земної атмосфери.** Дослідження земної атмосфери розпочато в Астрономічній обсерваторії 2008 р. із заснуванням у Києві спостережної станції міжнародної мережі сонячних фотометрів Kyiv AERONET (<https://aeronet.gsfc.nasa.gov/>). Детально історію і становлення цих досліджень у АО викладено у відповідному розділі монографії (Єфіменко та ін., 2020), виданій 2021 р. до 175-річчя Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Нижче коротко наведено основні результати досліджень важливих проблем зміни клімату оптичних властивостей земної атмосфери та її динаміки. Ці дослідження виконувались у 2020–2024 рр. в межах бюджетних тем 19БФ023-03 "Маломасштабна структура сонячних магнітних полів, сонячна активність та її вплив на геосферу", 22БФ023-03 "Активні процеси і магнітні поля на Сонці, їхній вплив на зміни клімату" і 22БФ023-04 "Багатоканальні дослідження процесів генерування космічних променів і нетеплового випромінювання в релятивістських струменях астрофізичних об'єктів".

Упродовж 2020–2024 рр. забезпечувалась робота спостережної станції AERONET Kyiv, виконувались спостереження за аерозолем і водяною парою у стовпі атмосфери над Києвом. Ці дані надходили в автоматичному режимі до бази даних AERONET, якою керує група науковців з Інституту космічних досліджень імені Годдарда Національної агенції з авіації та космонавтики США (NASA. Goddard Institute for Space Studies). Були отримані нові дані про вміст і характеристики аерозолів у атмосфері над Києвом і їхній кліматичний ефект. Ці дані доступні для використання всіма науковцями через інтернет-сторінку AERONET (<https://aeronet.gsfc.nasa.gov/>).

Дослідження аерозолів у атмосфері над Києвом і над Україною будуть продовжені у межах проєкту "Астрофізичний центр для багатоканальних досліджень у Європі", що з вересня 2024 р. фінансується Європейським дослідницьким виконавчим агентством (REA) за програмою HORIZON-INFRA (Project 101131928 Astrophysics Center for Multimessenger studies in Europe (ACME), HORIZON-INFRA-2023-SERV-01), у якому беруть участь співробітники АО.

Важливою для розвитку досліджень земної атмосфери з космосу в Україні була участь співробітників Астрономічної обсерваторії у роботі над створенням приладів проєкту Аерозоль-Уа для досліджень земної атмосфери з навколоземної орбіти спільно з науковцями й інженерами Головної астрономічної обсерваторії НАН України й інших установ, зокрема і з КБ Південне. За цих робіт розглядали такі аспекти, як визначення оптимальної орбіти космічного апарата для вказаних досліджень, умови спостережень, особливості конструкції приладів. Упродовж 2020–2024 рр. зусиллями науковців відділу фізики космосу кафедри астрономії і фізики космосу й Астрономічної обсерваторії продовжено дослідження динаміки стратосферного озону над Україною та над іншими регіонами земної кулі, зокрема і над Антарктидою (Andrienko, Milinevsky, & Danylevsky, 2021). Для спостережень використовували спектрометр Добсона № 40 Регіональної станції № 498 Київ-Голосеїв (Kyiv-Goloseyev 498 (KGV)) Всесвітньої метеорологічної організації (Єфіменко та ін., 2020). Також опрацьовували й аналізували дані спостережень за озоном, що виконувалися з аналогічним приладом на антарктичній станції "Академік Вернадський".

### Дискусія і висновки

Науковці Астрономічної обсерваторії в складних умовах активно працюють, публікують результати у престижних наукових журналах, щорічно проводять наукові конференції "Астрономія та фізика космосу в Київському університеті", беруть участь у наукових конференціях в університетах України й інших країн.

### Список використаних джерел

- Єфіменко, В. М., Іванчук, В. Г., Івченко, В. М., Казанцев, А. М., Клецонок, В. В., Кручиненко, В. Г., Лук'яник, І. В., Лоцицький, В. Г., Лоцицька, Н. Й., Криводубський, В. Н., Данилевський, В. О., Євтушевський, О. М., Міліневський, Г. П., Грицай, А. В., Жданов, В. І., Гнатик, Б. І., & Парновський, С. Л. (2020). 175 років Астрономічній обсерваторії Київського університету. ВПЦ "Київський університет".
- Єфіменко, В. М. (2020). Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка у 2020 р. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Астрономія"*, 2(62), 34–37.
- Єфіменко, В. М. (2021). Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка у 2021 р. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Астрономія"*, 2(64), 37–39.
- 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.
- Єфіменко, В. (2023). Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка у 2023 р. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Астрономія"*, 1/2(67/68), 71–73.
- Лоцицька, Н. (2021). Космогенний берилій в приземному повітрі України, *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Астрономія"*, 1(63), 6–10. <https://doi.org/10.17721/BTSNUA.2021.63.6-10>
- Лоцицький, В. Г. (1993). Проблема надпотужних магнітних полів в атмосфері Сонця. *Кінематика і фізика небесних тіл*, 9(3), 23–32.
- Andrienko, Yu., Milinevsky, G., & Danylevsky, V. (2021). Vertical ozone profiles in the atmosphere over the Antarctic Peninsula and Kyiv by Umkehr observations, *Ukrainian Antarctic Journal*, 2, 35–47. <https://doi.org/10.33275/1727-7485.2.2021.676>
- Fedorova, E., Hnatyk, B. I., Zhdanov, V. I., & Del Popolo, A. (2020). X-ray Properties of 3C 111: Separation of Primary Nuclear Emission and Jet Continuum. *Universe*, 6(11) 219. <https://doi.org/10.3390/universe6110219>
- Krivodubskij, V. N. (2021). Role of rotational radial magnetic advection in possible explaining a cycle with two peaks. *Advances in Space Research*, 68(9), 3943–3955.
- Stashko, O. S., Zhdanov, V. I., & Alexandrov, A. N. (2021). Thin accretion discs around spherically symmetric configurations with nonlinear scalar fields. *Physical Review D*, 104, 104055.
- Telescope Array Collaboration. (2023). An extremely energetic cosmic ray observed by a surface detector array. *Science*, 382, 903 [2311.14231].
- Zhdanov, V. I., & Stashko, O. S. (2020). Static spherically symmetric configurations with N nonlinear scalar fields: Global and asymptotic properties, *Physical Review D*, 101, 6, id. 064064.

### References

- Andrienko, Yu., Milinevsky, G., & Danylevsky, V. (2021). Vertical ozone profiles in the atmosphere over the Antarctic Peninsula and Kyiv by Umkehr observations, *Ukrainian Antarctic Journal*, 2, 35–47. <https://doi.org/10.33275/1727-7485.2.2021.676>
- Efimenko, V. M., Ivanchuk, V. G., Ivchenko, V. M., Kazantsev, A. M., Kleshonok, V. V., Kruchinenko, V. G., Lukiyanik, I. V., Lozitska, N. I., Lositsky, V. G., Krivodubsky, V. N., Danylevsky, V. O., Evtushevsky, O. M., Milinevsky, G. P., Grytsai, A. V., Zhdanov, V. I., Gnatyk, B. I., Parnovsky, S. L. (2020). 175 years of the Astronomical Observatory of Kyiv University. PPC "Kyiv University" [in Ukrainian].
- Efimenko, V. M. (2020). Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv in 2020. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Astronomy*, 2(62), 34–37 [in Ukrainian].
- Efimenko, V. M. (2021). Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv in 2021. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Astronomy*, 2(64), 37–39 [in Ukrainian].
- 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].
- Efimenko, V. (2023). Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv in 2023. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Astronomy*, 1/2(67/68), 71–73 [in Ukrainian].
- Fedorova, E., Hnatyk, B. I., Zhdanov, V. I., & Del Popolo, A. (2020). X-ray Properties of 3C 111: Separation of Primary Nuclear Emission and Jet Continuum. *Universe*, 6(11) 219. <https://doi.org/10.3390/universe6110219>
- Krivodubskij, V. N. (2021). Role of rotational radial magnetic advection in possible explaining a cycle with two peaks. *Advances in Space Research*, 68(9), 3943–3955.
- Stashko, O. S., Zhdanov, V. I., & Alexandrov, A. N. (2021). Thin accretion discs around spherically symmetric configurations with nonlinear scalar fields. *Physical Review D*, 104, 104055.
- Telescope Array Collaboration. (2023). An extremely energetic cosmic ray observed by a surface detector array. *Science*, 382, 903 [2311.14231].
- Zhdanov, V. I., & Stashko, O. S. (2020). Static spherically symmetric configurations with N nonlinear scalar fields: Global and asymptotic properties, *Physical Review D*, 101, 6, id. 064064.

Отримано редакцією журналу / Received: 20.11.24  
Прорецензовано / Revised: 29.11.24  
Схвалено до друку / Accepted: 6.12.24

Volodymyr EFIMENKO, PhD (Phys. & Math.)  
ORCID ID: 0000-0003-4167-4952  
e-mail: efim@knu.ua  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

## 180 YEARS OF THE ASTRONOMICAL OBSERVATORY OF TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV

**B a c k g r o u n d .** In 2025, the Astronomical Observatory will celebrate its 180th anniversary. In 2020, the observatory celebrated its 175th anniversary, and the staff prepared a monograph "175 Years of the Astronomical Observatory of Kyiv University", which outlines the history of the observatory, the development of scientific areas during its existence, biographies of directors, a list of defended doctoral and candidate theses, the history of the Department of Astronomy, lists of graduates who completed a full course of study by year, etc.

**R e s u l t s .** The changes that have occurred in the observatory over the past 5 years are described, in particular, changes in the structure of the observatory, staffing, measures to expand the topics of scientific research, and the provision of equipment for conducting scientific research. During this period, for various reasons, there was a decrease in the number of scientific workers, and scientists from other institutions were widely involved on a part-time basis to participate in competitions and to implement the won topics. This helped both to win new topics and to successfully carry them out.

**I m p o r t a n t s t e p s w e r e t a k e n t o m o d e r n i z e t h e o b s e r v a t o r y ' s o b s e r v a t i o n b a s e , i n c l u d i n g t h e r e s t o r a t i o n o f t h e o p e r a t i o n o f t h e o b s e r v a t o r y ' s o b s e r v a t i o n s t a t i o n i n t h e v i l l a g e o f P y l y p o v y c h i . I n 2 0 2 1 , t h e H o r i z o n t a l S o l a r T e l e s c o p e ( H S T ) o f t h e A s t r o n o m i c a l O b s e r v a t o r y r e c e i v e d t h e s t a t u s o f N a t i o n a l H e r i t a g e ( R e s o l u t i o n o f t h e C a b i n e t o f M i n i s t e r s o f U k r a i n e N o . 1 2 0 6 o f 1 0 . 1 1 . 2 0 2 1 ) , w h i c h a l l o w e d i n t h e f o l l o w i n g y e a r s t o r e c e i v e s m a l l f u n d i n g t o e n s u r e t h e o p e r a t i o n o f t h e t e l e s c o p e a n d t o c a r r y o u t s o m e w o r k o n t h e r e p a i r o f t h e H S T p r e m i s e s .**

**C o n c l u s i o n s .** Over the past 5 years, scientists of the Astronomical Observatory have continued their work in difficult conditions (2019–2021 – COVID-19, from 2022 – large-scale aggression by the Russian Federation). Research results are published in prestigious scientific journals, scientific competitions of the National Research Foundation of Ukraine have been won. The international scientific conference "Astronomy and Space Physics at Kyiv University" is held annually.

**K e y w o r d s :** high-energy astrophysics, horizontal solar telescope, astrophysics department, astrometry and small bodies of the solar system sector, national heritage, 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.