

<https://doi.org/10.15407/knit2022.04.039>
УДК 523.68, 520.373, 520.8, 621.37.+551.553.5

О. В. ГОЛУБАЄВ¹, нач. спостережної станції, старш. наук. співроб., канд. фіз.-мат. наук
E-mail: Alexandr_sky1@ukr.net

Ю. М. ГОРБАНЬОВ², нач. спостережної станції, старш. наук. співроб., канд. фіз.-мат. наук
E-mail: skydust@ukr.net

О. В. ШУЛЬГА³, директор, д-р фіз.-мат. наук
E-mail: shulga-av@ukr.net

О. А. АНДРЕЄВ⁴, директор
E-mail: oa_andreev@ukr.net

Ф. І. БУШУЄВ³, наук. співроб.
E-mail: felix.bushuev@ukr.net

А. П. ВІДЬМАЧЕНКО⁵, гол. наук. співроб., д-р фіз.-мат. наук
E-mail: vida@mao.kiev.ua

Б. О. ГРУДИНІН⁶, декан факультету технологічної і професійної освіти, д-р пед. наук
E-mail: b.hrudynin@ukr.net

Б. Є. ЖИЛЯЄВ⁵, зав. лаб., д-р фіз.-мат. наук
E-mail: zhilyaev@mao.kiev.ua

М. П. КАЛЮЖНИЙ³, зав. сектору, канд. фіз.-мат. наук
E-mail: nikalyuzhny@ukr.net

П. М. КОЗАК⁷, старш. наук. співроб., канд. фіз.-мат. наук
E-mail: kpm@knu.ua

М. О. КУЛІЧЕНКО³, зав. сектору, канд. фіз.-мат. наук
E-mail: niiko4kulichenko@gmail.com

Є. В. МАЛИНОВСЬКИЙ⁴, зав. відділу
E-mail: malinovskyyeugeniy@gmail.com

А. М. МОЗГОВА⁷, мол. наук. співроб., канд. фіз.-мат. наук
E-mail: alenamozgova@ukr.net

С. Г. САВЧУК⁸, професор, д-р техн. наук
E-mail: ssavchuk@polynet.lviv.ua

О. Ф. СТЕКЛОВ⁵, старш. наук. співроб., канд. фіз.-мат. наук
E-mail: stec36@i.ua

Ю. П. СУМАРУК^{9, 10}, пр. наук. співроб., д-р фіз.-мат. наук
E-mail: yurisumaruk@gmail.com

Л. М. ЯНКІВ-ВІТКОВСЬКА⁸, доцент, канд. фіз.-мат. наук
E-mail: luba_y@ukr.net

¹ Науково-дослідний інститут астрономії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
Майдан Свободи 4, Харків, Україна, 61022

² НДІ «Астрономічна обсерваторія» Одеського національного університету імені І. І. Мечникова
вул. Маразліївська 1 В, Одеса, Україна, 65000

Цитування: Голубаєв О. В., Горбаньов Ю. М., Шульга О. В., Андреев О. А., Бушуєв Ф. І., Відьмаченко А. П., Грудинін Б. О., Жилиєв Б. Є., Калюжний М. П., Козак П. М., Куліченко М. О., Малиновський Є. В., Мозгова А. М., Савчук С. Г., Стеклов О. Ф., Сумарук Ю. П., Янків-Вітковська Л. М. Створення Української метеорної спостережної мережі: інструменти, методи обробки, спостережні можливості. *Космічна наука і технологія*. 2022. **28**, № 4 (137). С. 39—70. <https://doi.org/10.15407/knit2022.04.039>

³ Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія»
вул. Обсерваторна 1, Миколаїв, Україна, 54030

⁴ Рівненська Мала академія наук учнівської молоді
вул. Симона Петлюри 17, Рівне, Україна, 33013

⁵ Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України
вул. Академіка Заболотного 27, Київ, Україна, 03143

⁶ Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка
вул. Києво-Московська 24, Глухів, Україна, 41400

⁷ Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка
вул. Обсерваторна 3, Київ, Україна, 04053

⁸ Національний університет «Львівська політехніка»
вул. Степана Бандери 12, Львів, Україна, 79013

⁹ Інститут геофізики імені С. І. Субботіна НАН України
просп. Академіка Палладіна 32, Київ, Україна, 03680

¹⁰ ДУ Національний антарктичний науковий центр МОН України
бул. Тараса Шевченка, 16, Київ, Україна, 01601

СТВОРЕННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МЕТЕОРНОЇ СПОСТЕРЕЖНОЇ МЕРЕЖІ: ІНСТРУМЕНТИ, МЕТОДИ ОБРОБКИ, СПОСТЕРЕЖНІ МОЖЛИВОСТІ

Розглядається питання про розвиток метеорної астрономії в Україні. Специфіка методів спостережень метеорів вимагає передусім організації мережі кореспондуючих пунктів спостережень. Для досягнення цієї мети пропонується об'єднати науково-технічні можливості організацій-учасників у вигляді Української метеорної спостережної мережі (УМСМ). УМСМ — це сукупність двох або більше перманентних спостережних станцій, розташованих на території України, які мають технічне та програмне забезпечення для базисних і односторонніх спостережень метеорів у різних діапазонах довжин хвиль та проводять такі спостереження. УМСМ ставить на меті дослідження метеорів, структури і еволюції метеорних роїв та потоків, взаємодії метеороїдів з атмосферою Землі та їхнього хімічного складу. Науково-технічною продукцією станцій УМСМ будуть результати високоточних базисних або односторонніх спостережень метеорів в різних діапазонах довжин хвиль, фундаментальних і прикладних науково-технічних досліджень.

Ключові слова: метеор, метеорний потік, метеорна спостережна мережа, оптичні відеоспостереження, пасивні радіоспостереження, метеорні каталоги.

ВСТУП

Разом з кометами, астероїдами, великими планетами з їхніми супутниками Сонячна система містить велику кількість дрібних твердих тіл — метеороїдів, що мають маси в інтервалі $10^{-7} \dots 10^6$ кг. Це фрагменти комет, астероїдів, залишки пилової речовини, утвореної при зародженні Сонячної системи, а в деяких випадках метеороїди мають міжзоряне походження. Проникнення у земну атмосферу цих тіл спостерігається у вигляді метеора — надзвичайно багатопланового явища, яке відбувається внаслідок входу метеорного тіла в атмосферу на досить великій швидкості 11...73 км/с. Взаємодія метеороїда з атомами та молекулами атмосфери супроводжується багатьма фізико-хімічними процесами і явищами, враховуючи збудження атмосферних атомів

та молекул, їхню іонізацію з подальшими переходами у незбуджений стан та випромінювання фотонів відповідних довжин хвиль. Випромінювання виникає на етапі входження частинки у верхні шари атмосфери. Спочатку відбувається взаємодія холодної поверхні метеороїда з атомами атмосфери, під час якої спектр випромінювання, з великою імовірністю, формують атоми земної атмосфери та легких елементів метеорного тіла (натрій і калій). Під час нагрівання метеороїда відбувається здування поверхневої плівки тіла — так зване холодне розпилення — процес випромінювання стає інтенсивнішим. Коли поверхня метеороїда починає плавитися, випромінювання завдяки відносно високій інтенсивності може спостерігатися сучасними оптичними приладами вже на висотах 150...125 км. Кінцевий етап життя метеороїда малої маси — інтенсивне

випаровування його речовини — проходить досить швидко, що супроводжується надзвичайно інтенсивною абляцією тіла — втратою маси — та інтенсивним світінням метеорної коми. Залишки великих, та, як правило, відносно повільних метеороїдів можуть випасти на земну поверхню у вигляді метеоритів.

Спостереження метеорів допомагають вирішити ряд задач сучасної астрономії та фізики як фундаментального, так і практичного характеру. Усі ці знання можна отримати завдяки обробці та аналізу результатів спостережень метеорів, отриманих із застосуванням оптичних та радіолокаційних методів. Кожен з цих методів має свої переваги перед іншими, але узагальнюючи в цілому результати обробки спостережень, отримуємо достатньо повні та достовірні відомості про природу метеорних тіл. Не викликає сумніву позитивна роль метеорних спостережень для встановлення генетичного зв'язку метеороїдів з кометами та астероїдами, як шляхом порівняння елементів геліоцентричних орбіт та їх еволюції, так і через встановлення ідентичності хімічного складу за спектральними спостереженнями метеорів. Спектри метеорів надають інформацію про умови збудження, світіння та іонізацію метеорної плазми, температуру, процеси абляції, фізико-хімічні процеси, що відбуваються під час метеорних явищ в атмосфері Землі, маси метеороїдів, причини і характер протікання спалахів, якісний та кількісний хімічний склад метеорного тіла і концентрації елементів у метеороїдах, а отже, і про тугоплавку складову ядер комет і астероїдів. Спостереження метеорів у радіодіапазоні, які базуються на ефекті відбиття радіохвиль від іонізованого сліду метеора, мають починатися з самого початку взаємодії космічної частинки з атомами атмосфери. Але, подібно до оптичних спостережень, початок видимості метеора визначається чутливістю спостережної апаратури. Особливістю методу радіоспостережень є їхня незалежність від часу доби чи погодних умов.

Детектування метеора є складним завданням з технічної точки зору. Потрібні високочутливі камери і радіоприймачі, якісні дисперсійні елементи (для отримання спектрів метеорів) та тривалий час спостережень за якомога більшими

ділянками неба. До 1990-х рр. в оптичному діапазоні для фіксації метеорів використовувалась фотографічна емульсія та світлочутливі електронні вакуумні телевізійні трубки. Починаючи з 1950-х рр. в Україні в наукових установах Одеси та Києва були створені метеорні мережі, оснащені фотографічними камерами та відеосистемами для спостережень метеорів. Фотографічний метеорний патруль на базі однотипних камер НАФА ЗС/25 (об'єктив «Уран-9», діаметр $D = 100$ мм, фокусна відстань $F = 250$ мм, розмір кадру плівки 180×240 мм, поле зору $39^\circ \times 53^\circ$) міг фіксувати фотографічним методом метеори, яскравіші від нульової зоряної величини. Відповідно до досліджень для таких метеорних патрульних установок середнє значення порогу реєстрації відповідає -1.5 ± 1.0^m . Слабші метеори могли фіксувати тільки такі унікальні прилади, як телескопи системи супершмідт, але навіть у них поріг реєстрації не перевищував $+3.5 \pm 0.3^m$. Метеори до $+12^m$ і навіть слабші виявлялися тільки радіолокаційним методом, але в цьому випадку йдеться в основному лише про іонізований слід метеора. Певний час у використанні були спостережні комплекси на основі телевізійних передавальних трубок, електронно-оптичних перетворювачах (ЕОП) або комбіновані ширококутні телевізійні системи. Такі телевізійні системи дозволяють реєструвати метеори до $+5^m \dots +7^m$. Наразі такі приймачі застаріли і вже не застосовуються, що є однією з багатьох причин (зокрема економічного характеру) тривалого припинення роботи метеорних мереж в Україні після 1990-х рр. Нові спостережні можливості у метеорній астрономії дали сучасні світлочутливі приймачі на основі КМОН-технологій (CMOS, Complementary Metal-Oxide-Semiconductor). В останні роки широке використання сучасних відеосистем (так званих CCTV-камер) та радіолокації призвело до створення великих баз даних метеорів, які, зокрема, надають інформацію про рівень метеорної активності протягом року, розподіл метеорів за абсолютною світністю та масою, а також про елементи їхніх геліоцентричних орбіт. Незважаючи на фіксацію багатьох мільйонів метеорних явищ, все ж дуже мало було зібрано спектральних даних для метеорів різно-

манітних потоків та спорадичного фону — тому кожен метеорний спектр становить значну наукову цінність. В Україні спектральні спостереження метеорів активно провадилися колективами наукових установ з 1957 до 1990 рр. і відновилися лише з 2018 р. із застосуванням сучасних світлочутливих відеокамер та цифрової обробки результатів спостережень.

Статистичне накопичення інформації про фотометричні параметри метеорів і кінематичні параметри (швидкість, висоту, атмосферну траєкторію) метеорних тіл з обчисленими геліоцентричними елементами орбіт вирішують за допомогою відео-базисних (одночасних двохсторонніх) спостережень. Найбільше інформації можна отримати у складі так званих багатостанційних метеорних спостережних мереж, які перекривають значно більшу частину атмосфери на висотах 80...130 км, ніж одинокі пари станцій. Проблемою тут є необхідність наявності двох або більше одночасно працюючих спостережних станцій та накопичення великих об'ємів астроінформації, враховуючи зведення даних з різних станцій.

Застосування широкоформатних ССТV-камер у наш час є найпоширенішим, тому що вони дозволяють найбільш ефективно патрулювати й фіксувати метеори, яскравіші від $+5^m$, на великій площі видимої небесної півсфери. Об'єднання оптичних можливостей телескопа (довгофокусних світлосильних об'єктивів) і технічних характеристик КМОН-детектора (ССТV-камер) дозволяє змістити поріг реєстрації метеорів в оптичному діапазоні до $+10^m$ і навіть слабкіше. Такий діапазон метеорних тіл раніше був найменш вивчений в оптичному діапазоні, так само як і були відсутні дотепер високоточні каталоги з їхніми елементами орбіт, кінематичними й фізичними характеристиками. Описані спостереження, завдяки їхній високій чутливості і хорошій просторовій роздільній здатності, можуть пролити світло на такі важливі питання, як: тонка структура метеороїда, який іноді на початку вльоту в атмосферу уже є мікророем частинок; подальше дроблення метеороїдів зі зміною траєкторій та швидкостей їхніх окремих компонентів тощо. Беззаперечну цінність становлять спектральні спостереження, які дають змогу оці-

нити хімічний склад метеороїда, причому спектральні спостереження можуть проводитись з ширококутними камерами під час базисних спостережень. Позитивний ефект формування зображення спектру досягається лише для метеорів, яскравіших від -2^m .

Ідеальним варіантом комплексного дослідження метеорів є організація спостережних мереж з максимально можливою кількістю станцій, оснащених усіма можливими засобами спостережень: ширококутними спостереженнями метеорів для базисної обробки і визначення параметрів траєкторії метеора в атмосфері Землі та елементів його геліоцентричної орбіти; довгофокусними спостереженнями для виявлення та аналізу тонкої структури метеора; спектральними спостереженнями для визначення хімічного складу космічної частинки; радіоспостереженнями як альтернатива нічним спостереженням та засобом визначення ступеня іонізації метеорного сліду; іншими засобами спостережень, які дозволили б доповнити набір інформації про кожен метеор. Натомість на сьогоднішній день доводиться обмежуватися інформацією про метеори, отриманою окремими спостерігачами або групами спостерігачів.

Наразі спостереженням метеорів різними методами та апаратурою приділяється увага у багатьох наукових установах України [7]. Це дає змогу об'єднати наукові зусилля з вивчення метеорів у вигляді Української метеорної спостережної мережі (УМСМ). УМСМ — це сукупність двох або більше перманентних спостережних станцій, розташованих на території України (рис. 1), які мають технічне та програмне забезпечення для проведення базисних та односторонніх спостережень метеорів у різних діапазонах довжин хвиль і проводить такі спостереження.

Головною задачею УМСМ є об'єднання зусиль організацій-учасників у галузі проведення регулярних базисних та односторонніх спостережень метеорів у різних діапазонах довжин хвиль, а також обмін результатами спостережень, їхня обробка та аналіз спостережних даних. УМСМ вирішує стратегічні проблеми дослідження метеорів, структури і еволюції метеорних роїв та потоків, взаємодії метеороїдів з атмосферою



Рис. 1. Організації-учасники Української метеорної спостережної мережі: Науково-дослідний інститут «Астрономічна обсерваторія» Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (м. Одеса); Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Київ); Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія» (м. Миколаїв); Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України (м. Київ); Науково-дослідний інститут астрономії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (м. Харків); Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів); Обласний комунальний позашкільний навчальний заклад «Рівненська Мала академія наук учнівської молоді» (м. Рівне); Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка (м. Глухів Сумської обл.)

Землі та їхнього хімічного складу. Науково-технічною продукцією станцій УМСМ є результати високоточних базисних або односторонніх спостережень метеорів у різних діапазонах довжин хвиль, фундаментальних і прикладних науково-технічних досліджень.

У даній роботі представлено короткий огляд створеної Української метеорної спостережної мережі за участю наукових установ, розташованих у містах Одеса, Київ, Миколаїв, Харків, Львів, Рівне, Глухів. Приводяться основні параметри спостережних інструментів, методи обробки та спостережні можливості організацій-учасників УМСМ. Для порівняння розглянемо роботу метеорних спостережних мереж у розвинутих країнах, яких створюється дедалі більше.

ДІЮЧІ СВІТОВІ МЕРЕЖІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ МЕТЕОРІВ

Розгляд і загальний аналіз діяльності метеорних спостережних мереж почнемо з Центру Метеорних Даних (MDC), який підтримується комі-

сією F1 Міжнародного Астрономічного Союзу [43]. База даних містить інформацію про параметри 4873 метеори з надійно обчисленими орбітами, отриманих в епоху фотографічних спостережень. Сайт MDC містить ряд посилань на інші метеорні мережі, а також номенклатурну інформацію про відомі метеорні потоки.

Останнім часом до MDC (версія сайту 2016 р.) включено дані відеоспостережень 110521 метеора, отримані в рамках проекту *CAMS* (Cameras for All sky Meteor Surveillance) — камер-огляду всього неба з метою детектування метеорів [61]. Проєкт був організований під керівництвом Пітера Енніскенса (Peter Jenniskens) (SETI, NASA) і Пітера Гурала (Peter S. Gural) для уточнення даних про слабкі метеорні потоки і фінансувався з 2008 р. NASA. Особливістю даного проєкту було використання блоку телевізійних камер з відносно невеликими полями зору у кожній, але скомпонованих так, щоб охоплювати все небо — на відміну від поодиноких класичних камер типу «риб'яче око». Таке поєднання дозволяє доби-

тися значно вищої точності астрометричної обробки відеоспостережень, і, як наслідок, вищої точності визначення елементів геліоцентричних орбіт метеороїдів. Спочатку дві платформи з 20 камерами на кожній було встановлено на Обсерваторії Пік Фремонт (Fremont Peak Observatory) і Лікській Обсерваторії (Lick Observatory). Третю платформу було встановлено в обсерваторії міста Маунтін-Вью (Mountain View Observatory), всі розміщені в штаті Каліфорнія, США. Надалі спостережна мережа почала своє поширення на інші штати США, країни і континенти. Дві станції було встановлено у Флориді і на Східному березі США; дві професійні станції запрацювали в Новій Зеландії; три станції були встановлені у 2016 р. в Об'єднаних Арабських Еміратах, а також в Ловеллівській Обсерваторії в Арізоні, США. У 2017 р. розпочала свою роботу спостережна станція у Південній Африці. Перший аналіз спостережних даних був зроблений у 2013 р. і налічував 110367 орбіт (дані опубліковані в науковому журналі «Icarus»). В результаті спостережень було відкрито ряд нових слабких метеорних потоків, а також уточненню дані про маловідомі потоки. На кінець 2016 р. база даних SAMS накопичила 447230 досить точних метеорних орбіт. На даний момент метеорна мережа SAMS є однією з найбільш глобальних — вона має спостережні станції в США (Арізона, Арканзас, Каліфорнія, Флорида, Меріленд, Північна Каліфорнія), в Австралії, країнах Бенілюксу, Бразилії, Чилі, Намібії, Нової Зеландії, Південній Африці, Об'єднаних Арабських Еміратах.

Продовжуючи огляд діяльності метеорних спостережних мереж, слід відзначити *Болідну Мережу Всього Неба NASA (NASA All-sky Fireball Network)* [62]. Болідну мережу (для спостережень яскравих метеорів, тобто умовно яскравіших за Венеру) створено Управлінням Метеороїдного Навколишнього середовища (МЕО) при NASA. Отримані дані спостережень планується використовувати для моделювання метеороїдного оточення, що є важливим для розробників космічних апаратів. У даний момент мережа складається з 17 камер, шість з яких розміщено у Північній Алабамі, Південному Теннесі, Північній Каліфорнії. Також три камери розташовано в

районі Пенсильванії, 5 на півдні Нью-Мексико і в Арізоні, три — у Флориді. Мережа розширюється також при школах, наукових центрах, планетаріях, а також обсерваторіях США. Для спостережень використовуються спеціалізовані чорно-білі камери всього неба. Результати спостережень великих і відносно повільних болідів використовуються також для пошуку їхніх потенційно можливих залишків на поверхні Землі — метеоритів.

На цей час дуже потужною є *Японська Мережа аматорів метеорної астрономії SonotaCo (SonotaCo Network Japan)* [67]. Спостережну метеорну мережу SonotaCo організовано ентузіастами метеорної астрономії, і вона вельми успішно функціонує протягом більш ніж десяти років. Завдяки програмному забезпеченню, розробленому СонотаКо як для автоматичного захоплення відеопотоку з аналогових камер, так і для аналізу зображень, дана мережа накопичила досить велику кількість даних. Як правило, використовуються чорно-білі досить чутливі відеокамери типу Watec WAT-100N і WAT-902H2 Ultimate, оснащені об'єктивами, що забезпечують поле зору $45^\circ \times 55^\circ$. Починаючи з 2007 року, бази даних результатів обробки спостережень даної мережі налічують в середньому 20000...25000 метеорів на рік, спостережених з більш ніж двох пунктів. Використовувані камери і програмне забезпечення рекламуються розробником і для спостережень геофізичних утворень в атмосфері, таких як ельфи, спрайти і т. п.

Іспанська Метеорна Мережа SPMN (Spanish Meteor Network) [66], відома також під назвою Іспанська болідна Мережа, була заснована у 1997 р. для вивчення міжпланетної матерії, пошуку і дослідження метеоритів. Учасниками цієї мережі є як астрономи-професіонали, так і аматори, які самі розробили камери спостереження всього неба. Основними завданнями мережі є вивчення механізму взаємодії метеороїдів з атмосферою, вивчення динаміки метеорних потоків і уточнення механізмів доставки міжзоряної речовини на Землю, а також можливість занесення форм життя ззовні.

Європейську метеорну робочу групу *EDMOND (The European viDeo MeteOr Network Database)*, що

веде і проводить аналіз каталогу орбіт метеорів, дані для якого отримує з різних спостережних метеорних мереж, які співпрацюють з цією групою [29], було організовано у 2011 — 2012 рр. в результаті спонтанної взаємодії спостерігачів метеорів, а її перша версія була ініційована Якубом Коукелом (Jakub Koukal) і Романом Піффлом (Roman Piffll). Сучасна версія даної європейської робочої групи складається із спостерігачів (як професіоналів, так і аматорів метеорної астрономії) з таких локальних мереж-учасників країн Європи: BOAM (Франція), BosNet (Боснія), CEMeNt (Центральна європейська метеорна мережа — в основному Чехія і Словаччина), CMN (Хорватія), FMA (Швейцарія), HMN (Угорщина), IMO (Міжнародна метеорна організація), MeteorsUA (Україна), IMTN (Італія), NEMETODE (Англія), PFN (Польща), Stjerneskund (Данія), SVMN (Словаччина), UKMON (Англія). Мережа використовує програмне забезпечення UFO (розроблене СонотаКо з Японії). Як видно зі списку, моніторинг метеорної активності відбувається практично по всій Європі. Протягом спостережень мережею було зареєстровано понад 4.5 млн індивідуальних односторонніх метеорів, з них 592699 було зареєстровано з більш ніж однієї станції, тому для них були розраховані параметри траєкторії і орбіти. За результатами обробки багато-станційних спостережень в останню базу даних 2020 р. були включені 346039 метеорів зі спостережень 2007—2020 рр.

Ще однією, недавно створеною метеорною мережею з метою глобального охоплення атмосфери планети є Глобальна Метеорна Мережа (GMN). Основна задача даної мережі — дослідження слабких метеорів. Для цієї задачі використовуються ширококутні камери з полем зору $88^\circ \times 48^\circ$ та здатністю реєструвати метеори до $+6^m$. На даний момент мережа включає 450 інсталюваних відеокамер у 30 країнах світу. З грудня 2018 по червень 2021 рр., тобто за 2.5 роки було отримано 220000 високоточних орбіт [68]. Важливою особливістю даної мережі є її робота в реальному режимі часу — розроблене програмне забезпечення дозволяє не лише автоматично детектувати метеори як динамічні події, але і автоматично пересилати файли зображень на сервер, де також

автоматично відбувається їхня базисна обробка (достовірність і точність при такому підході достеменно поки що невідомі). Кінцевою метою авторів проекту є додавання параметрів спостережуваних метеорів до бази даних не пізніше, ніж через добу.

Безумовно, наведений перелік метеорних спостережних мереж не охоплює весь спектр спостережень метеорів, якими незалежно займаються також більшість університетів та інших наукових організацій, публікуючи епізодично результати своїх спостережень в наукових журналах, так само як і їхній аналіз, інтерпретацію та моделювання фізики явищ. Крім того, в роботі не наводиться інформація про радарні спостереження метеорів, які проводяться у світі і надають інформацію про найдрібніші космічні частинки. Розглянуті у вступі метеорні спостережні мережі є найбільшими, і надають для аналізу вченим максимум інформації про метеори в оптичному діапазоні довжин хвиль.

Наразі у багатьох наукових установах України активно приділяють увагу спостереженням метеорів різними методами та апаратурою. Кожна обсерваторія оснащена усіма можливими засобами спостережень. Це дає змогу об'єднати наукові зусилля з вивчення метеорів у вигляді Української метеорної спостережної мережі.

ОРГАНІЗАЦІЇ-УЧАСНИКИ УКРАЇНСЬКОЇ МЕТЕОРНОЇ СПОСТЕРЕЖНОЇ МЕРЕЖІ

Науково-дослідний інститут «Астрономічна обсерваторія» Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Регулярні спостереження в Одеській астрономічній обсерваторії почалися в 1953 р. за допомогою створеного Е. Н. Крамером та Н. І. Тимченко фотографічного метеорного патруля [16]. Патруль складався з чотирьох аерофотокамер з об'єктивами F-24 (фокусна відстань об'єктива 200 мм, світлосила 1:2.9, поле зору — 48°). Перед об'єктивом обертався об'єктиватор з кутовою швидкістю 24 об/с. На той час метеорні дослідження ще не входили в наукові плани Одеської обсерваторії, але практика фотографічного метеорного патрулювання та розробка методів вимірювань фотографічних зображень метеорів дозволила у 1957 р. вивести метео-

рні дослідження на новий рівень. Цьому сприяв Міжнародний Геофізичний Рік (МГР) та досвід метеорних спостережень, отриманий в обсерваторії. Одеську обсерваторію було включено у програму Міжнародного Геофізичного Року, а Робоча група Комісії з комет і метеорів Астрономічної Ради АН СРСР затвердила Одеську астрономічну обсерваторію Головною установою в СРСР з проблеми «Дослідження метеорів» (розділ «Іоносфера»). Обсерваторія вперше отримала достатнє фінансування з метеорної тематики, вдвічі збільшивши контингент наукових співробітників. Обсерваторія побудувала три спостережні станції: в с. Маяки, с. Крижанівка Одеської обл., та у Ботанічному саду Одеського університету в районі Аркадії. Фотографічні метеорні патрулі працювали до 1993 р., у спостереженнях, вимірюваннях та обробці результатів спостережень метеорів в різний час брав участь великий колектив співробітників обсерваторії. За роки патрулювання отримано понад 600 зображень базисних метеорів та декілька тисяч небазисних метеорів.

Отримані на одеських метеорних патрулях дані послуговували основою для публікації декількох сотень наукових статей та повідомлень, матеріалом для захистів двох докторських (Е. Н. Крамер, І. С. Шестака) та восьми кандидатських дисертацій (Е. Н. Крамер, І. С. Шестака, В. А. Воробйова, В. О. Смирнов, І. М. Ковшун, Ю. М. Горбаньов, О. А. Базей, О. В. Голубаєв), а результати спостережень увійшли до Світового Центру Даних. На жаль, техніка метеорних патрулів застаріла і потребувала істотної модернізації, нових приймачів ще не існувало, або вони були рідкісними та дорогими.

Для продовження ефективного метеорного патрулювання стала потрібною нова ідеологія і нові технічні засоби. У часи перших років незалежності України (1991—2000 рр.), проводилися лише теоретичні роботи. В роботі [17] досліджувалися фізичні процеси, які супроводжують спалахи яскравих метеорів, зокрема деформації стандартної кривої блиску метеорів, на кінцевій ділянці яких спостерігається різке збільшення випромінювання (спалах). Структура метеорного рою у будь-який момент зале-

жить від орбітальних елементів батьківського тіла, його орбітального положення та швидкості руху метеорних частинок на момент їхнього викидання. Розрахунки ймовірностей орбітальних елементів метеорних частинок як функція віку рою обчислювалися для конкретних елементів орбіти та орбітального положення батьківського тіла та деяких середніх швидкостей ізотропного викиду метеорних частинок [39]. Показано, що викид в афелії батьківського тіла відповідає компактному, більш стабільному метеорному рою. При викиді у перигелії зі швидкістю порядку 1...1.5 км/с, рій після 20...30 років набуває форми порожнистого тороїда, обсяг якого з часом збільшується. Концентрація частинок у рої поступово зменшується, що призводить до зменшення ймовірності зустрічі Землі з багатим метеорним потоком.

У роботі [52] показано, що двовимірний розподіл за нахилом орбіти та аргументом перигелію для найдрібніших метеорних часток свідчить про їхній генетичний зв'язок з довгоперіодичними і майже параболічними кометами. Особливий інтерес становлять орбіти частинок космічного пилу, лінії апсид яких осцилюють поблизу деякого квазістаціонарного стану. Гравітаційні збурення в цьому випадку призводять до зміни в широкому діапазоні перигелійних відстаней і нахилу орбіти, а ефект Пойнтінга — Робертсона — до зменшення розмірів орбіти.

Результати розрахунків [33, 36] стали основою комп'ютерної моделі, яка за допомогою методу статистичних випробувань дозволяє за заданими розподілами для метеороїдного рою згенерувати елементи орбіт N частинок, а потім на основі моделі руху Землі і метеороїда здійснити відбір модельних частинок метеорного потоку. Проведено тестування моделі із залученням спостережного матеріалу Світового Центру даних для метеорного потоку Гемініди. За результатами обчислень встановлено, що спочатку незалежні елементи орбіт метеороїдного рою після зустрічі із Землею і формування метеорного потоку за рахунок урахування тільки геометричного фактора селекції, стають залежними. Це у першу чергу стосується таких елементів, як велика піввісь орбіти, ексцентриситет і довгота висхідного вузла. Нахил

орбіти метеорної частинки метеорного потоку Гемініди є найменш уразливим орбітальним параметром для геометричної селекції [37].

Створено комп'ютерну модель [35] метеорного явища, яка дозволяє отримати стандартну світлову криву блиску метеора за заданими швидкістю, кутом вльоту метеора, масою та густиною частинки.

Провести модернізацію метеорного патруля на Одеській астрономічній обсерваторії з об'єктивних і суб'єктивних причин вдалося лише в червні 2003 року. Було використано комбінацію телескопічного і телевізійного методів, вибір телескопа системи Шмідта (рис. 2) був зумовлений, звичайно, його світлосилою і порівняно великим полем зору. Вперше було використано модель телевізійної камери Watec LCL 902K, а надалі — моделі 902H, 902H2 та 902H2 Ultimate [34]. Наразі телескоп Шмідта та згадані телевізійні камери будуть використані для спостережень метеорів у рамках функціонування УМСМ.

Загалом використовується широкий вибір апаратури: від телескопа Шмідта $F = 540$ мм, $F/D = 2.25$ (поле зору $FOV = 0.68^\circ \times 0.51^\circ$, гранична зоряна величина $+13.5^m$, астрометрична точність $1'' \dots 2''$) (рис. 2) до ширококутних з $F = 8$ мм, $F/D = 3.5$ ($FOV = 36^\circ \times 49^\circ$, гранична зоряна величина $+7^m$). База даних спостережень, які були зібрані у період з 2003 по 2018 рр. містить 15535 зареєстрованих метеорних подій. Для обробки телевізійних спостережень метеорів було створено пакет програмного забезпечення (усього 12



Рис. 2. Телескоп Шмідта для телевізійних спостережень телескопічних метеорів

програм), який дозволяє виконувати весь цикл обробки даних, від попередньої обробки зображень до визначення орбітальних елементів. На сьогодні в НДІ АО ОНУ провадяться статистичні дослідження метеорів; вивчаються характеристики метеорних потоків і фотометричні, фізичні та хімічні властивості метеорів; визначаються елементи орбіти метеорних тіл; досліджується післясвітіння метеорних явищ.

Окремо потрібно сказати про метеорні дослідження на острові Зміїний протягом 2003—2013 рр., коли силами метеорної групи були проведені експедиційні роботи зі створення двох спостережних пунктів, які працювали під час дії

Таблиця 1. Параметри спостережних систем Одеської метеорної групи

Інструмент	Фокусна відстань, мм	Поле зору	Гранична зор. вел.
Телескоп Шмідта	540	$36' \times 48'$	13.5
Телескоп Т-1	550	$32' \times 45'$	12
EQ (Synta Sky Watcher Equinox 80)	500	$52' \times 60'$	11
«Уран-9»	250	$1^\circ \times 1.5^\circ$	9
Р-5 (об'єктив Пентцвала)	140	$2^\circ \times 2.5^\circ$	10
КО-140 (об'єктив Пентцвала)	140	$2^\circ \times 2.5^\circ$	11
КР35 (об'єктив Пентцвала)	140	$2^\circ \times 2.5^\circ$	11.5
NK (Nikon 85mm f/1.8 AF Nikkor)	85	$4^\circ \times 4.5^\circ$	11.5
SG (Sigma AF 70-200 f/2.8 EX)	85	$4^\circ \times 4.5^\circ$	11
SM (Samsung)	8	$36^\circ \times 49^\circ$	7

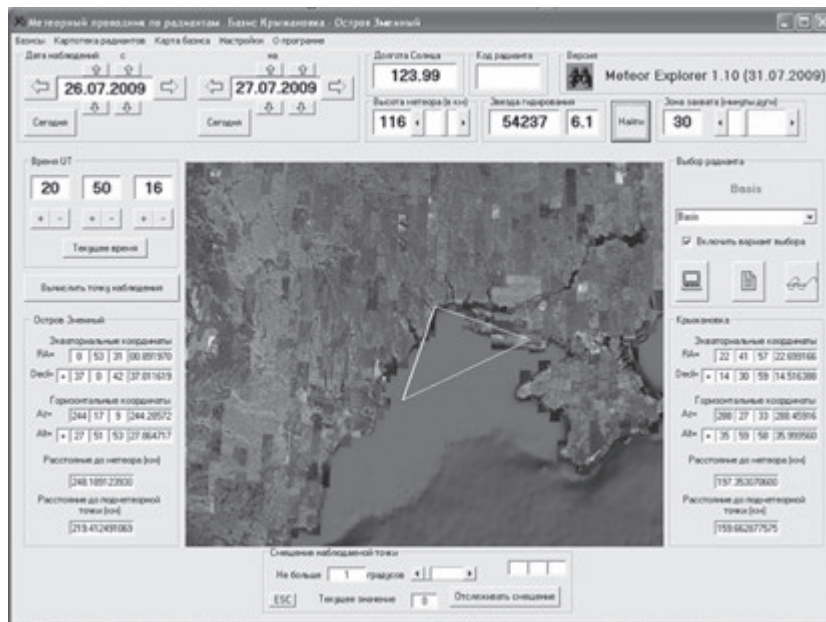


Рис. 3. Приклад ПЗ для розрахунків базисних (152 км, острів Зміїний — Крижанівка, Одеса) телескопічних відеоспостережень метеорів (НДІ АО ОНУ)



Рис. 4. Схема розміщення станцій Київської метеорної групи. Поле зору в п. А спрямовано в зеніт і не орієнтувалося по азимуту, зріз полів зору відповідає висоті 100 км

метеорного потоку Персеїди. Використовувалися базисні спостереження з надмалими базисами між пунктами в 75...80 м, а також базисом в 150 км (острів Зміїний — Крижанівка, на рис. 3). Таким чином було створено окрему острівну базу даних телевізійних спостережень метеорів та опубліковано низку робіт, зокрема [8, 32].

Основні технічні характеристики спостережної апаратури НДІ АО ОНУ приведено в табл. 1.

В останні роки (2018—2022 рр.) нами було опубліковано ряд робіт, зокрема [38] з аналізу існування в навколосемному просторі дев'яти метеоритоутворювальних груп на астероїдних орбітах, що включають спорадичні боліди з бази метеорних даних IAU MDC 2007, спорадичні метеори з бази даних SonotaCo і метеорити типу звичайних хондритів L5, L6, H4-H6 та Ureilite, з відомими за інструментальними спостереженнями атмосферними і орбітальними параметрами.

У роботі [42] одеським істориком І. Б. Грушицькою з використанням методів бібліографічного й джерелознавчого аналізу та системного підходу висвітлено стан і основні тенденції розвитку метеорної астрономії в Одесі у часи незалежної України. Показано, що на початку XXI століття в Одеській астрономічній обсерваторії було відновлено безперервне метеорне патрулювання. Базувалося воно на застосуванні телевізійно-телескопічного методу, використаного на території країн СНД вперше. Відзначено переваги застосування телевізійного телескопічного методу у порівнянні з фотографічним та радіолокаційним методами для вирішення фундаментальних задач метеорної астрономії.

Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Для базисних спостережень метеорів в Астрономічній обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка з 1990-х рр. використовувалися телевізійні системи «Інтроскоп», побудовані на базі високочутливих передавальних трубок типу суперізокон Лі-804. Телевізійні камери оснащувалися фотографічними об'єктивами, такими як «Юпітер-3» ($F = 50$ мм, $F/1.5$), або «Геліос-40» ($F = 85$ мм, $F/1.5$). Пару таких установок для базисних спостережень було розміщено у пунктах А (спостережна стан-

ція с. Лісники, Київська обл., $N50^{\circ}17'49''$.5804, $E30^{\circ}31'49''$.4192, 130.7900 м у Балтійській системі висот) і В (спостережна станція с. Пилиповичі, Київська обл., $N50^{\circ}35'18''$.2200, $E29^{\circ}55'17''$.7700, 139.7250 м) — базисна відстань 54 км, рис. 4.

Телевізійні системи працювали в режимі 25 к/с з черезстрочною розгорткою (interlaced). Оскільки метеор є динамічним об'єктом, а ТВ-камера працювала в черезстрочному режимі, то для уникнення накладання двох зображень метеора, які формуються у парних і непарних полях, рознесених в часі на 0.02 с, оцифровані відеопослідовності з метеорами (зазвичай файли у форматі AVI) програмно розбивались на парні і непарні поля кадру. При використанні об'єктива «Юпітер-3» кутовий розмір поля приблизно дорівнює $23.5^{\circ} \times 19^{\circ}$, розмір пікселя 4', при використанні «Геліос-40» поле становить $13^{\circ} \times 11^{\circ}$, розмір пікселя 2.2' (при використанні повних кадрів поля зору були б ті ж, а кутовий розмір пікселя — удвічі меншим). При обчисленні параметрів метеора достатньо опрацювати одну парну або непарну послідовність полів, при цьому часова роздільна здатність становитиме 0.04 с. Для підвищення точності обчислення такого параметра, як швидкість метеора, можна незалежно опрацювати як парні, так і непарні поля, а перед базисною обробкою об'єднати дані, тоді часова роздільна здатність становитиме 0.02 с. На основі ряду епізодичних спостережень метеорів було опубліковано ряд мінікаталогів [15, 41, 48, 53].

Методику обробки результатів телевізійних спостережень метеорів було розроблено раніше та описано в ряді публікацій. Астрометричну обробку, а саме вибір редуційної моделі, просторової зони та кількості опорних зір та інших факторів, що визначають точність обчислення екваторіальних координат точок на зображенні метеора, було описано в роботі [10]. Для базисної обробки двох відеопослідовностей одного і того ж метеора, отриманих з двох пунктів, використовується оригінальний розроблений векторний метод [11]. Метод дає змогу визначати просторові характеристики траєкторії метеора у атмосфері Землі (висоти появи, максимуму блиску та зникнення; дальності до метеора від пунктів спостереження; видимі і геоцентричні

швидкості та екваторіальні координати радіанту метеора та ін.), елементи геліоцентричної орбіти метеора, блиск метеора. Згадані методи обробки закладено в оригінальне програмне забезпечення «Falling star» [45], що дозволяє на сьогодні проводити обробку в ручному та напівавтоматичному режимах. В результаті оптимізації розміщення базисних відеокамер було визначено оптимальні параметри їхнього розміщення [47]. Метод фотометрії метеорів було викладено в роботах [13, 49, 46, 50]. Цікаві результати було отримано під час аналізу аномальних метеорів, зареєстрованих у попередні роки [50, 12, 51].

На основі отриманих наукових результатів було захищено одну докторську (В. Г. Кручиненко) та вісім кандидатських дисертацій (В. Г. Кручиненко, В. В. Бенюх, Л. М. Шербаум, В. В. Каленіченко, А. М. Казанцев, П. М. Козак, Ю. Г. Тарануха, А. М. Мозгова).

На сьогодні спостережна апаратура, яка використовувалася раніше, вичерпала свій ресурс і її переведено в стан консервації. На заміну їй

підготовлено сучасний мобільний спостережний комплекс, який складається, принаймні в одному з пунктів спостереження, з кількох відеокамер типу Watec-902 H2 Supreme, Watec-902 H2 Ultimate, Watec-910 HX та об'єктивів, які можуть бути довільно компоновані (табл. 2), та інших допоміжних електронно-обчислювальних приладів.

Допоміжні пристрої: гібридний відеореєстратор Dahua для чотирьох аналогових відеокамер та однієї цифрової, жорсткий диск 1 Тб для збереження відеоінформації; спектральні ґратки формату А4 на основі полімерної підкладки 500 ліній/мм; два внутрішніх (PCI) захоплювачі кадру (ТБ-тюнери Beholder 5-ї серії) для оцифровки аналогових даних та два USB-захоплювачі кадру стандарту PAL/NTSC; необхідна кількість персональних комп'ютерів. Для розширення спостережень останнім часом задіяно епізодичні спостереження в далекому інфрачервоному діапазоні за допомогою тепловізорів з використанням камер FLIR One Pro для діапазону довжин хвиль 7...13 мкм [14].

Таблиця 2. Параметри спостережних систем для камер типу Watec для різних об'єктивів нового спостережного комплексу Київської метеорної групи

Об'єктив	Тип камери EIA, 30 к/с				Тип камери CCIR, 25 к/с			
	Поле зору камери		Кутовий розмір пікселя		Поле зору камери		Кутовий розмір пікселя	
	X°	Y°	PS X'	PS Y'	X°	Y°	PS X'	PS Y'
Ricoh TV 6 мм, f/1.2	56.5	43.9	4.4	5.3	56.6	43.9	4.5	4.5
Ricoh TV 12 мм, f/1.2	30.1	22.8	2.4	2.8	30.2	22.8	2.4	2.3
160KP 35 мм, f/1.2	10.5	7.9	0.8	1.0	10.6	7.9	0.8	0.8
Jupiter-3, 50 мм, f/1.5	7.4	5.5	0.6	0.7	7.4	5.5	0.6	0.6
Helios-40, 85 мм, f/1.5	4.3	3.3	0.3	0.4	4.4	3.3	0.3	0.3
Raixar 65 мм, f/0.75	5.7	4.3	0.4	0.5	5.7	4.3	0.5	0.4

Таблиця 3. Параметри спостережних систем для камер типу Watec для різних об'єктивів спостережного комплексу НДІ «МАО»

Роки використання	Об'єктив	Тип камери Watec LCL902H2			
		Поле зору камери		Кутовий розмір пікселя	
		X	Y	PS X	PS Y
2013–2016	Canon-85, 85 мм, F/1.8	4.2	3.2	21	20
2013–2016	Ломо-0501, 100 мм, F/1.2	3.6	2.7	18	17
2017–2022	PO-109A, 50 мм, F/1.2	7.2	5.4	42	40

Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія». Регулярні спостереження метеорів у оптичному діапазоні розпочато в 2011 р. За цей час було розроблено конструкцію статичного метеорного телескопа, що не потребує укриття, на базі якого побудовано комплекс метеорних телескопів НДІ МАО. У ролі світлоприймача використовувалася камера Watec LCL902H2 (768 × 576, 8.6 × 8.3 мкм, чутливість 0.0001 Лк). Об'єктиви, що були успішно застосовані для спостереження метеорів протягом усього періоду функціонування комплексу, мають такі характеристики: Canon-85mm ($D = 47$ мм, $F = 85$ мм, поле зору $3.2^\circ \times 4.2^\circ$); Ломо-0501 ($D = 50$ мм, $F = 100$ мм, поле зору $2.7^\circ \times 3.6^\circ$), РО-109А ($D = 42$ мм, $F = 50$ мм, поле зору $5.4^\circ \times 7.2^\circ$). Електронно-оптичні підсилювачі не застосовувались. Камера працює у режимі черезстрокової розгортки (50 півкадрів/с) для забезпечення більшого часового розділення траєкторії. Програмне забезпечення (ПЗ) для автоматичного виявлення метеорів було розроблено в НДІ «МАО» у 2010 р. на основі досвіду обробки відеопотоку в режимі реального часу [1]. Паралельно з процесом детектування в режимі реального часу сумуються кадри зображень зір за 20...30 с з використанням техніки накопичення зі зміщенням [20]. Середня кількість ототожнених опорних зір для кадрів з полем зору $5.6^\circ \times 7.4^\circ$ становить від 100 до 300. Стандартне відхилення опорної системи дорівнює $6''\dots 10''$, стандартне відхилення за зоряною величиною — 0.35^m . Проникна здатність для зір становить $12^m\dots 13^m$. Синхронізація спостережень забезпечується портативною службою часу на базі GPS-приймача Resolution-T, з якого на LPT-порт комп'ютера подається PPS-імпульс, що використовується для калібрування тактової частоти процесора. Використовувались об'єктиви, характеристики яких представлені в табл. 3.

У 2013—2016 рр. проводились базисні спостереження метеорів з довжиною бази 11.7 км [58, 55, 56]. Отримано близько 10000 односторонніх метеорних реєстрацій. За результатами базисних спостережень обчислювались екваторіальні координати радіантів, параметри атмосферної траєкторії, вектор руху та елементи геліоцентричної

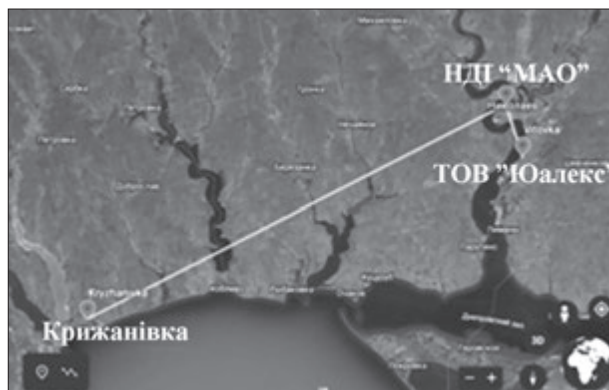


Рис. 5. Розташування базисних станцій метеорного відео-комплексу НДІ МАО

орбіти з відповідними похибками, для цієї мети було створене окреме ПЗ [2]. Отримано каталог елементів геліоцентричних орбіт для 1055 метеороїдів. Серед наукових результатів можна виділити такі:

1) виявлено маломасивні метеороїди (<0.01 г), що рухаються з геоцентричними швидкостями, меншими за 50 км/с, та мають орбіти з ексцентриситетами близько 0.9 та нахилами $50^\circ\dots 70^\circ$;

2) проведено порівняльний аналіз каталогу, отриманого в НДІ МАО, із каталогами з відкритих джерел для діапазону малих мас метеорних тіл (<0.01 г) і оцінено співвідношення тіл астероїдного та кометного типів для даного діапазону мас. Частка орбіт астероїдного типу становить 38 % для всіх метеороїдів і 2.5 % для метеороїдів з масами менше 0.01 г.

У 2017—2018 роках розпочато новий етап спостережень метеорів в оптичному діапазоні з урахуванням досвіду, отриманого в попередній період досліджень. Було обрано варіант телескопа зі світлосильними об'єктивами ($D = 50$ мм, $F/1.2$) та телевізійними ПЗЗ-камерами WAT-902H2, вісім метеорних телескопів розташовано на трьох станціях з базисними відстанями 11.7 км та 100 км (рис. 5): 1) Миколаїв, НДІ МАО, чотири телескопи ($N46.972667^\circ$, $E31.972055^\circ$); 2) Миколаїв, Вітовка, два телескопи ($N46.871598^\circ$, $E32.018309^\circ$); 3) Одеса, Крижанівка, станція АО ОНУ, два телескопи ($N46.560722^\circ$, $E30.806500^\circ$). Об'єктиви також оснащено широкосмуговими синіми або червоними фільтрами таким чином,

щоб кожна пара телескопів спостерігала одну й ту саму область неба в різних діапазонах спектру. Таким чином, планується проводити колориметричні вимірювання метеорних явищ. Оцінку можливості таких вимірювань наведено в роботі [54]. Перші результати базисних спостережень наведено у роботі [57].

У 1980-ті роки ефект відбиття радіохвиль іонізованими слідами метеорів використовувався для щодобової синхронізації еталонів точного часу і частоти Пулковської і Миколаївської обсерваторій [21]. До складу відповідної системи синхронізації входило два метеорних радара «Мітка» [9] розташованих в Пулково і в Миколаєві. Принцип дії системи базувався на вимірюванні затримки радіоімпульсів, випромінених в одному пункті, відбитих іонізованими слідами метеорів та прийнятих в іншому пункті. Похибка синхронізації шкал часу становила ± 300 нс. Після розпаду СРСР радар було повернено власнику — Пулковській обсерваторії (ГАО РАН).

Безпосередні систематичні спостереження метеорів в радіодіапазоні було розпочато в 2010 році з використанням методу прямого розсіювання на метеорних слідах сигналів потужних FM-станцій радіомовлення, які перебувають за горизонтом [5]. Функціонування відповідного метеорного апаратурно-програмного комплексу (МАПК), розробленого в НДІ МАО, базується на безперервній цілодобовій реєстрації радіосигналів на частоті загоризонтної FM-станції та на автоматичному виявленні (за даними реєстрації) сигналів, відбитих метеорними слідами. Основним вимірюваним параметром є час появи метеора. Було запропоновано та впроваджено також алгоритм визначення частоти Френелівських коливань амплітуди радіосигналу та відповідної швидкості метеороїда вздовж траєкторії руху [24]. Зазначимо, що в роботах [5, 24] реєструвався сигнал, отриманий після частотного детектора приймача.

У 2013 р. МАПК було суттєво модернізовано. Для прийому радіосигналів стали використовувати SDR-технологію на базі приймача «DVB-T+DAB+FM» з мікросхемою RTL2832 та стали реєструвати сигнал з виходу квадратурного детектора приймача, тобто, сигнал, який не пройшов

частотну демодуляцію та характеристики якого повністю відповідають сигналу на несучій частоті [3]. Методику обробки та виділення метеорних явищ описано в роботах [19, 70]. Успішно налагоджено безперервні спостереження метеорних явищ та їхня автоматична обробка, що дозволило створити мережу радіоспостережень метеорів, до складу якої увійшло шість приймальних станцій, розташованих у Миколаєві (три станції), Рівному, Львові і Глухові [4]. На кожній станції провадиться цілодобова автоматична обробка даних спостережень та автоматична розсилка по e-mail зацікавленим споживачам щодобових даних про кількість зареєстрованих метеорних явищ. Щомісяця дані про кількість метеорів, виявлених кожною станцією, розміщуються на сайті RMOB (Radio Meteor Observation Bulletin). Згідно з даними [4] у 2017—2019 рр. мережею зареєстровано 912765 метеорних явищ. Достовірність даних спостережень в роботі підтверджується: 1) відповідністю добових варіацій кількості метеорів, зареєстрованих станціями мережі, відомій залежності, а саме спостереженню метеорів в апексі та антиапексі, 2) відповідністю отриманих мережею характеристик трьох метеорних потоків (Персеїди, Гемініди та Квадрантиди) очікуваним, як по часу появи, так і по інтенсивності. Наразі досліджується можливість використання методу відновлення несучої FM-сигналу для оцінки швидкості метеороїдів вздовж траєкторії руху за даними однопозиційних спостережень сигналів загоризонтних FM-станцій, відбитих метеорними слідами.

Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України. В ГАО НАН України для реєстрації метеорних явищ використовуються фотоприймачі видимого діапазону спектру, спеціалізовані колірні камери, електронні модулі для обробки отриманих спостережень в реальному масштабі часу, спеціалізоване програмне забезпечення для виявлення та розпізнавання окремих об'єктів, визначення їхніх горизонтальних координат, напрямку і швидкості руху, приблизних розмірів, характеру їхнього випромінювання, оцінки загальної енергії їхнього оптичного випромінювання та розрахунків значень загальної енергії, яка виділяється при утво-

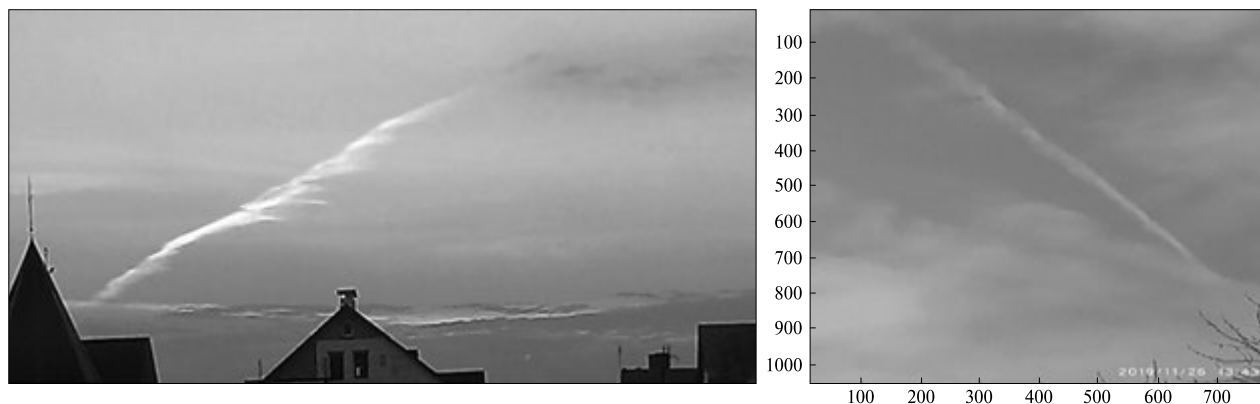


Рис. 6. Інверсійні сліди в атмосфері, які можуть бути плазмовими хвостами метеорів (фото отримано А. Ф. Стекловим 27 жовтня 2013 р.)

ренні метеорного явища. В основі використовуваної апаратури для проведення спостережень за метеорними явищами покладено розроблений і виготовлений в ГАО НАН України макет автоматизованого спостережного комплексу, який можна використовувати для виявлення як наземних, так і повітряних об'єктів невеликих розмірів в умовах денної і нічної освітленості на відстанях у десятки кілометрів. Цей спостережний комплекс оснащено ширококутною (поле зору до 50°) і малоформатною (поле зору близько 1°) апаратурою оптичного діапазону. Даний комплекс апаратури дозволяє надійно виявляти освітлені сонячним світлом об'єкти із видимою площею у кілька квадратних сантиметрів на відстані до 5 км, та спостерігати інші об'єкти з високою просторовою роздільною здатністю пропорційно до їхньої площі і на більших відстанях [23, 71]. А спостерігати метеорні явища, входження в атмосферу космічного сміття тощо, при згорянні яких температура у плазмових слідах за нашими оцінками досягає від кількох тисяч до 12 000 К, стає можливим як в нічний, так і в денний час. Спостережний комплекс використовує фотоприймачі видимого діапазону спектра з чутливістю до однієї мільйонної люкса, дозволяє проводити 2D- і 3D-фільтрацію спостережуваних зображень та усувати вплив атмосферної турбулентності. Також комплекс дозволяє автоматично виявляти новоутворені метеорні сліди в режимі реального часу, проводити їхню попередню обробку в інтерактивному режимі з харак-

терним часом кілька секунд та повідомляти про проведене спостереження [23]. У розробці даної апаратури, її випробуванні та у проведенні спостережень за утворюваними у земній атмосфері плазмовими слідами беруть участь такі співробітники ГАО НАН України: А. П. Відьмаченко, Б. Ю. Жилияєв, О. Ф. Стеклов, С. М. Похвала, В. М. Петухов, І. А. Верлюк, О. О. Святогоров, П. В. Неволовський та інші.

Наші теоретичні розробки деяких питань фізики утворення плазмових слідів при входженні метеорного тіла в земну атмосферу показали, що спеціальний підбір значень динамічних характеристик метеороїда для отриманих світних слідів при нічних спостереженнях, або інверсійних слідів при денних спостереженнях (рис. 6), можливо, дозволить оцінити за односторонніми спостереженнями ряд важливих характеристик як самого метеороїда, так і особливостей земної атмосфери, в якій і спостерігається дане явище. Опис такого підходу виходить за рамки даної публікації, а додаткову інформацію можна знайти в роботах [25–28, 59, 60, 63, 69, 72–76].

Науково-дослідний інститут астрономії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. У практиці Науково-дослідного інституту астрономії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна до цього часу майже не використовувались методи метеорної астрономії для вивчення речовини Сонячної системи. Але у 2019 р. було створено автоматизований відео-спектральний метеорний патруль

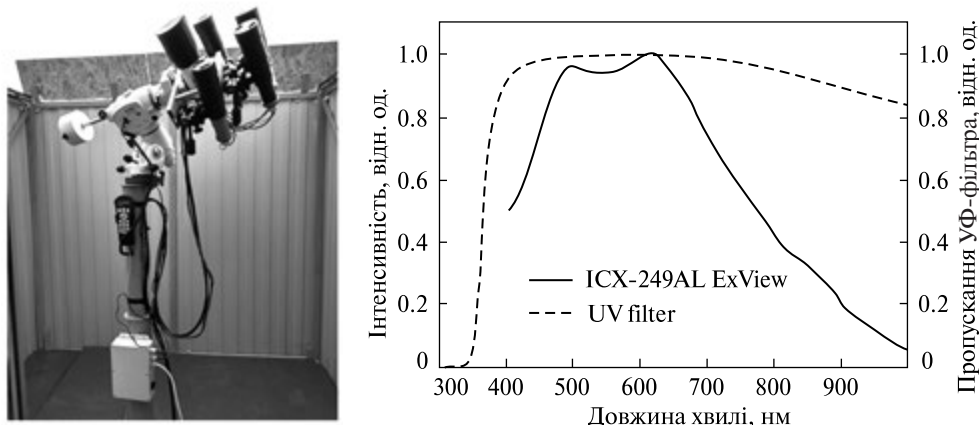


Рис. 7. Автоматизований відеоспектральний метеорний патруль, встановлений на території Чугуївської спостережної станції НДІ астрономії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. На графіку: суцільна лінія — спектральна чутливість відеокамери WAT-902H2 ULTIMATE з CMOS-матрицею ICX-249AL ExView, штрихова лінія — пропускна спектральна характеристика УФ-фільтра

(АВСМП) із застосуванням світлочутливих аналогових CCTV-відеокамер (рис. 7). Спостережний комплекс призначено для розширення матеріальної, наукової, а також навчально-наукової бази НДІ астрономії. Він успішно використовується у навчальному процесі на кафедрі астрономії та космічної інформатики ХНУ імені В. Н. Каразіна під час проведення практичних та лабораторних занять, виконання бакалаврських і магістерських робіт та розробці новітніх методик дистанційного дослідження астрономічних об'єктів Сонячної системи.

Спочатку спостереження проводилися тільки з одного пункту — на Чугуївській спостережній станції НДІ астрономії (Харківська обл.), які дали змогу налагодити та відкалібрувати оптичні та електронні вузли апаратури. У серпні 2019 р. одна з камер та необхідні електронні блоки було перенесено у Харків для проведення перших повноцінних базисних спостережень метеорного потоку Персеїди. З того часу з метою комплексного вивчення метеорних явищ організовано два пункти спостережень. Перший пункт розташований у Харкові на території НДІ астрономії, другий — на території Чугуївської спостережної станції НДІ астрономії. Одночасні спостереження одного і того ж метеорного явища з двох або більше пунктів дають змогу визначити усі осно-

вні кінематичні параметри метеороїда (висоту над рівнем моря, швидкість, елементи геліоцентричної орбіти тощо) [3]. Геодезичні координати пунктів спостережень визначалися за допомогою GPS-навігаторів: «Харків» — (50°00'9.94" N, 36°13'48.67" E), висота місця над рівнем моря 141 м; «Чугуївська спостережна станція» — (49°38'28.61" N, 36°56'8.62" E), висота місця над рівнем моря 154 м. Базисна відстань між пунктами спостережень становить 64.76 км. Це достатньо для надійного отримання кінематичних параметрів та елементів геліоцентричної орбіти метеорних частинок.

На Чугуївській спостережній станції метеорний патруль обладнано двома CCTV-камерами, одна з яких оснащена дифракційною ґраткою 500 ліній/мм для спектральних спостережень. Як приймачі випромінювання використовуються світлочутливі аналогові CCTV-камери фірми Watec (Японія): WAT-902H2 ULTIMATE (використовується CMOS-матриця ICX-249AL ExView) з часовою роздільною здатністю 0.02 с, та частотою формування півкадрів 50 с⁻¹. За паспортними даними у таких камерах застосовується CMOS-матриця, яка має розмір 1/2", фізичний розмір одного пікселя становить 8.6 × 8.3 мкм, чутливість відеокамери 0.0001 Лк (при відносному отворі F/1.4). Роздільна здат-

ність відеокамери — більш ніж 570 телевізійних ліній, відношення сигнал/шум перевищує 46 дБ. Під час спостережень автоматичне регулювання підсилення яскравості було відключено. Для перетворення аналогового сигналу з камери в цифровий застосовується телевізійний тюнер з восьмирозрядним аналого-цифровим перетворювачем. У ролі програмного забезпечення для захоплення відеозображення використовується автоматичний реєстратор метеорів UFOCapture (SonotaCo, [65]). Часова прив'язка метеорних патрулів здійснюється за допомогою GPS-приймачів. Усі астрокамери оснащені варіфокальними об'єктивами Tamron 12VM1040 ASIR ($F = 10$ мм, відносний отвір $F/1.4$), які забезпечують поле зору $34.4^\circ \times 25.8^\circ$ кожен. Розмір одиничного пікселя $2.65'$. Оптичні прилади встановлено на екваторіальному монтуванні Sky-Watcher EQ6-R і працюють в автоматичному режимі. Екваторіальне монтування дає змогу використовувати АВСМП для різних задач спостережень. Запис зображення під час спостережень може проводитись із включеним або виключеним приводом екваторіального монтування.

Визначено, що гранична зоряна величина для спостережного комплексу (для камери без дифракційної ґратки) становить $+5.4^m$. Для камери з дифракційною ґраткою гранична зоряна величина становить $+4.0^m$. Обробка отриманих зображень метеорних спектрів показала, що обернена лінійна дисперсія у першому порядку спектру становить 1.6 нм/пкл, у другому — 0.76 нм/пкл. Спектральна чутливість відеоспектрального комплексу лежить у діапазоні довжин хвиль від 350 до 900 нм, а максимальне значення спектральної чутливості оптичної системи припадає на $500...650$ нм. Встановлений перед об'єктивом і дифракційною ґраткою УФ-фільтр (Kenko digital UV filter), виконує захисну функцію (захист матриці від УФ-випромінювання, захист від пилу і вологи оптичних поверхонь дифракційної ґратки і об'єктива). Фільтр ефективно відсікає ультрафіолетове випромінювання до 390 нм (рис. 7). У видимій області спектру $390...750$ нм пропускна здатність УФ-фільтра становить 98.2% , а в області $200...390$ нм — близько 9% . Останнє ускладнює можливість

дослідження метеорного спектра в ультрафіолетовій спектральній області. Світловідбиття фільтра становить менше 1% . Випромінювання від метеора проходить через товщу земної атмосфери, яка частково пропускає, розсіює, відбиває або поглинає світлове випромінювання в різних довжинах хвиль. Особливо великий вклад у поглинання спостережуваного випромінювання метеора атмосферними молекулами води припадає на довжини хвиль близько 900 і 1000 нм. Цей факт обмежує можливість дослідження метеорного спектра у червоній і ближній інфрачервоній спектральній області.

Відеоспектральна апаратура характеризується відносною спектральною чутливістю, яку потрібно врахувати при визначенні відносної та абсолютної інтенсивності спектральних ліній. Для цього необхідно отримати спектр еталонного джерела випромінювання з відомим розподілом енергії. За такий стандарт було використано спектр Юпітера. Нормування метеорного спектра здійснюється шляхом ділення спектру метеора на спектр порівняння. Далі знайдену функцію $f(\lambda)$ спектральної чутливості використовують для калібрування інтенсивностей емісійних ліній у спектрі метеора. У метеорній спектроскопії абсолютна інтенсивність спектральних ліній, як правило, виражається в $\text{erg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{\AA}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1}$. Після отримання скану метеорного спектра та його калібрування за різноманітні геометричні і фотометричні спотворення здійснюється детальна ідентифікація спектральних ліній, виконується пошук нових емісійних ліній, визначаються їхні абсолютні інтенсивності, розраховуються фізичні параметри метеорних тіл та інше [18].

Для ототожнення хімічного складу метеороїдів у спектрах спостережених метеорів було розроблено програмне забезпечення «VideoMeteorSpectr», яке автоматизує цей процес та дає змогу обробляти великі обсяги даних. Для прикладу на рис. 8, а показано один із кадрів, що містить зображення першого порядку спектру метеора M20190810_213547, отриманого у ніч з 10 на 11 серпня 2019 р. За допомогою програмного забезпечення «VideoMeteorSpectr» проведено ототожнення деяких найбільш яскравих емісійних ліній у спектрі метеора. Вони належать атомам та іо-

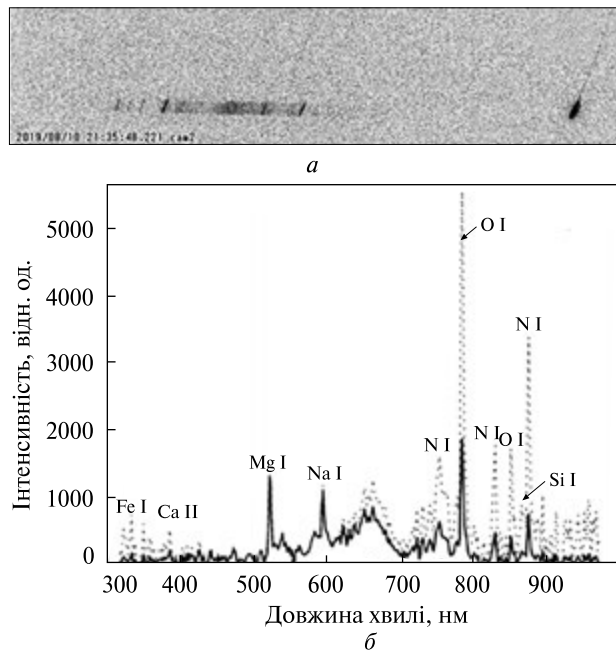


Рис. 8. Фрагмент (інверсне зображення) одного з відеокадрів зі спектром метеора M20190810_213547, отриманий у ніч з 10 на 11 серпня 2019 року на Чугуївській спостережній станції НДІ астрономії ХНУ імені В. Н. Каразіна (Харківська обл.). Справа видно зображення у нульовому порядку спектра (а); б — спектрограма метеора M20190810_213547 з вирахуванням континууму (суцільна лінія). Пунктирна лінія — спектрограма, виправлена з урахуванням спектральної функції $f(\lambda)$ АВСМП



Рис. 9. Видляд Астрономічної обсерваторії "Львівська політехніка" перед Першою світовою війною. Світлина З. Коссовського, орієнтовно 1913 рік. Збірка А. Дрбала [22]

нам магнію (Mg I), заліза (Fe I), натрію (Na I), кальцію (Ca II), кремнію (Si I) та ін. У червоній ділянці спектру (> 700 нм) спостерігаються емісійні лінії азоту (N I) та кисню (O I), що належать земній атмосфері. Такий результат якісно збігається з результатами спектральних досліджень метеорів інших провідних спеціалістів. Це свідчить про можливість застосування розробленої методики вимірювань і обчислень, та створеного на її основі програмного забезпечення для відносної спектрофотометрії та ототожнення емісійних ліній у відеоспектрах метеорів, спостережених за допомогою відеоспектрального метеорного патруля. У подальшому програмне забезпечення буде вдосконалюватись з метою проведення абсолютної спектрофотометрії ототожнених емісійних ліній і кількісного аналізу (визначення концентрації хімічних елементів, температури метеорної плазми та ін.).

Для кожного інструмента створено динамічну базу даних, що постійно поповнюється під час первинної обробки нових спостережень. Для обробки спостережного матеріалу створено пакет програмного забезпечення. Нині база спостережень метеорів і їхніх спектрів складається з трьох каталогів — окремо для кожної відеокамери, розташованої на Чугуївській спостережній станції (одна з яких забезпечена дифракційною ґраткою) і на території НДІ астрономії в Харкові (відеокамера без дифракційної ґратки). Після ночі метеорного патрулювання у базу даних надходять відеофільми, що складаються з 50 кадрів до і після метеора та кадрів із зображенням самого метеора. Методику позиційних вимірювань телевізійних зображень метеорів детально описано в роботі [6].

Для оцінки спостережної ефективності АВСМП приведемо такий приклад. У результаті базисних відеоспектральних спостережень метеорного потоку Персеїди у серпні 2019 і 2020 рр. зафіксовано 128 базисних (двостанційних) метеорів. Для цих метеорів розраховано кінематичні параметри, геліоцентричні орбіти та маси. Для 35 метеорів отримано відеоспектри, з яких сім метеорів мають відповідні базисні спостереження в інтегральному світлі.

Позиційна, фотометрична та спектрометрична обробка спостережного матеріалу триває.

Sternschnuppen am 13. Dezember 1904.

Im Jahre 1904 machte ich systematische Beobachtungen der Sternschnuppen von 10 bis 11 Uhr abends. Ich beobachtete die Himmelsgegend um α Ursae minoris in einem Kreise von etwa 90° Durchmesser. Die Anzahl der Sternschnuppen ist im Mittel zwei bis drei für das Feld und Stunde. Am 13. Dezember 1904 war die Anzahl der Sternschnuppen auffallend groß. Ich zählte während einer Stunde 25 Meteore, von denen ich 15 in eine Karte zeichnete. Die Anzahl für den ganzen Himmel schätze ich auf über 100. Die Erscheinung war sehr auffallend, da die Sternschnuppen meistens hell und von blendend weißer Farbe waren. Sie

Lemberg, Observatorium, 1905 Jan. 24.

wurde von vielen Personen wahrgenommen, die sonst kein Interesse für Astronomie aufweisen.

Von den 15 gezeichneten Sternschnuppen waren 4 erster Größe, 8 zweiter Größe, 1 dritter und 2 vierter Größe, 10 von ihnen waren weiß, 1 gelb, 1 orangefarbig und 3 rosafarbig. Alle beschrieben kurze Bahnen mit einer Dauer von etwa 0.3 . Die Koordinaten des Radiationspunktes sind etwa $\alpha = 120^\circ$, $\delta = +45^\circ$. Es waren jedenfalls Geminiden, und ich glaube, daß sie in diesem Jahre ihr Maximum hatten. Leider gestattete das Wetter nicht die Beobachtung fortzusetzen.

Dr. M. Ernst.

Рис. 10. Повідомлення М. Ерста, працівника обсерваторії Львівської політехніки, про спостереження метеорів (Astronomische Nachrichten, 1905, Vol. 168)

Крім цього, триває удосконалення апаратної частини метеорного патруля для досліджень фізико-хімічних процесів під час метеорних спалахів яскравості. Накопичуються спостереження для вивчення властивостей метеорних частинок, які перебували у близькій області (< 0.1 а. о.) від Сонця [31]. Особливо приділяється увага розробкам методів позиційного і фотометричного розрахунків кінематичних та фізичних параметрів метеоритоутворюючих болідних явищ, які спостерігаються у денний час доби [30, 44].

Національний університет «Львівська політехніка». Професійні астрономічні спостереження у Львові активізувалися в 1877 р., коли розпочала свою діяльність Астрономічна обсерваторія Вищої політехнічної школи, так тоді називалася Львівська політехніка (рис. 9). Організаційно вона входила у склад кафедри геодезії і сферичної астрономії.

Астрономічна обсерваторія разом із метеорологічною і сейсмографічною станціями належала до кафедри астрономії та вищої геодезії і формально утворювала єдину структуру, пов'язану спільністю персоналу та обладнання. У науковому плані це були фактично три установи, які виконували різні завдання: астрономічні, метеорологічні й сейсмічні. Територіально кафедра, обсерваторія та обидві станції були розташовані в головному корпусі Політехніки: кафедра астрономії та вищої геодезії — на теперішньому третьому поверсі. На базі Астрономічної об-

серваторії проводилися астрометричні вимірювання об'єктів Сонячної системи, спектральні дослідження в області астрономії, дослідження астероїдів, комет, метеорів (рис. 10).

Для приймання радіосигналів точного часу у 1922 р. облаштовано станцію. На ту пору вже було узгоджено розташування передавальних радіостанцій і час передавання сигналів. Основними передавальними радіостанціями в Європі були станції Парижа (поправки отримували з Паризької астрономічної обсерваторії) та Науена (Nauen), розташованого недалеко від Берліна і Потсдама. Поправки для неї надходили з Потсдамського геодезичного інституту. У 1927 р. для служби часу почали приймати радіосигнали покращеної якості завдяки дооснащенню приймальної станції високою (10 м) антеною, яку встановили на даху корпусу. Ця антена зберегла і донині [22].

Початок 20 століття був досить успішним у наукових дослідженнях, які провадилися в Астрономічній обсерваторії [40]. Але після закінчення Другої світової війни Астрономічну обсерваторію, як окрему організаційну структуру кафедри Львівської політехніки, було ліквідовано. Проте наукові дослідження астрономічного характеру проводилися окремими співробітниками кафедри вищої геодезії та астрономії, до якої і належала тепер Астрономічна обсерваторія як окрема лабораторія. Астрономічна обсерваторія служила і майданчиком для підготовки студентів



Рис. 11. Телескоп SkyWatcher BK-305/1500 OTA, custom AltAz mod на альт-альт-монтуванні (Рівненська Мала академія наук учнівської молоді)

зі спеціальності «Геодезична астрономія». Після запуску перших штучних супутників Землі (ШСЗ) на Астрономічній обсерваторії проводять відповідні спостереження за ШСЗ та ведуться наукові дослідження зі супутникової тематики.

У 2001 р. при кафедрі в Астрономічній обсерваторії встановлено перманентну GNSS-станцію SULP. Для виконання окремих наукових задач в Астрономічній обсерваторії у 2016 р. створено цифрову метеорологічну станцію. У 2017 р. створено станцію моніторингу метеорної активності у радіодіапазоні. Тобто, основні наукові астрономічні дослідження, які проводяться у Астрономічній обсерваторії, — це радіофізичні дослідження. Зважаючи на оперативність та точність, ці дослідження вже декілька десятиліть застосовуються для моніторингу та вивчення атмосферних процесів.

Оскільки на кафедрі вищої геодезії та астрономії Інституту геодезії, крім спеціалістів з космічної геодезії, вже майже десять років готують магістрів зі спеціальності «Космічний моніторинг Землі», то створення метеорної станції дозволило розширити діапазон наукових досліджень для моніторингу навколоземного простору, відкрило нові можливості співпраці з науковцями інших інститутів Львівської політехніки (комп'ютерних технологій, радіотелекомунікації), та інших вітчизняних наукових центрів, залучити студентів до вивчення нової тематики і

модернізувати започатковані тут на початку 20-го століття дослідження метеорів.

Історичні традиції, науковий досвід, технічна база створюють оптимальні можливості для проведення метеорних досліджень в Астрономічній обсерваторії Львівської політехніки на належному рівні.

Обласний комунальний позашкільний навчальний заклад «Рівненська Мала академія наук учнівської молоді». Обласний комунальний позашкільний навчальний заклад «Рівненська Мала академія наук учнівської молоді» Рівненської обласної ради створено 11 серпня 2006 року. Рівненська Мала академія наук учнівської молоді (РМАНУМ) — профільний позашкільний навчальний заклад дослідницько-експериментального напрямку, що забезпечує залучення обдарованої молоді Рівненщини 8...11 класів до науково-дослідницької, експериментальної, конструкторської та винахідницької роботи в різних галузях науки, техніки, культури й мистецтва та формування їхньої мотивації до майбутньої наукової діяльності. Практично відразу після створення РМАНУМ завдяки директору, Олександрю Андрееву, розпочався розвиток напрямку астрономії та космічних досліджень. З 2010 року діє один з найбільших телескопів серед навчальних закладів України - SkyWatcher BK-305/1500 OTA, custom AltAz mod. Завдяки таким ентузіастам своєї справи, як інженер В. Янішевський, завідувач лабораторій РМАНУМ А. Малюга було створено оригінальні альт-альт- (рис. 11) та альт-азимутальні монтування.

У грудні 2014 р. юні науковці РМАНУМ разом зі своїми керівниками взяли участь в онлайн-трансляції з Європейського космічного центру посадки автоматизованого дослідницького модуля «Philae» на поверхню комети Чурюмова — Герасименко.

Лабораторію космічних досліджень РМАНУМ створено в жовтні 2015 р. Першим завідувачем лабораторії став Євгеній Малиновський. Відтоді почалася тісна співпраця з НДІ НАН України «Миколаївська астрономічна обсерваторія». У рамках співпраці проводяться безперервні радіоспостереження метеорів, що входять в атмосферу Землі. Для цього було змонтовано

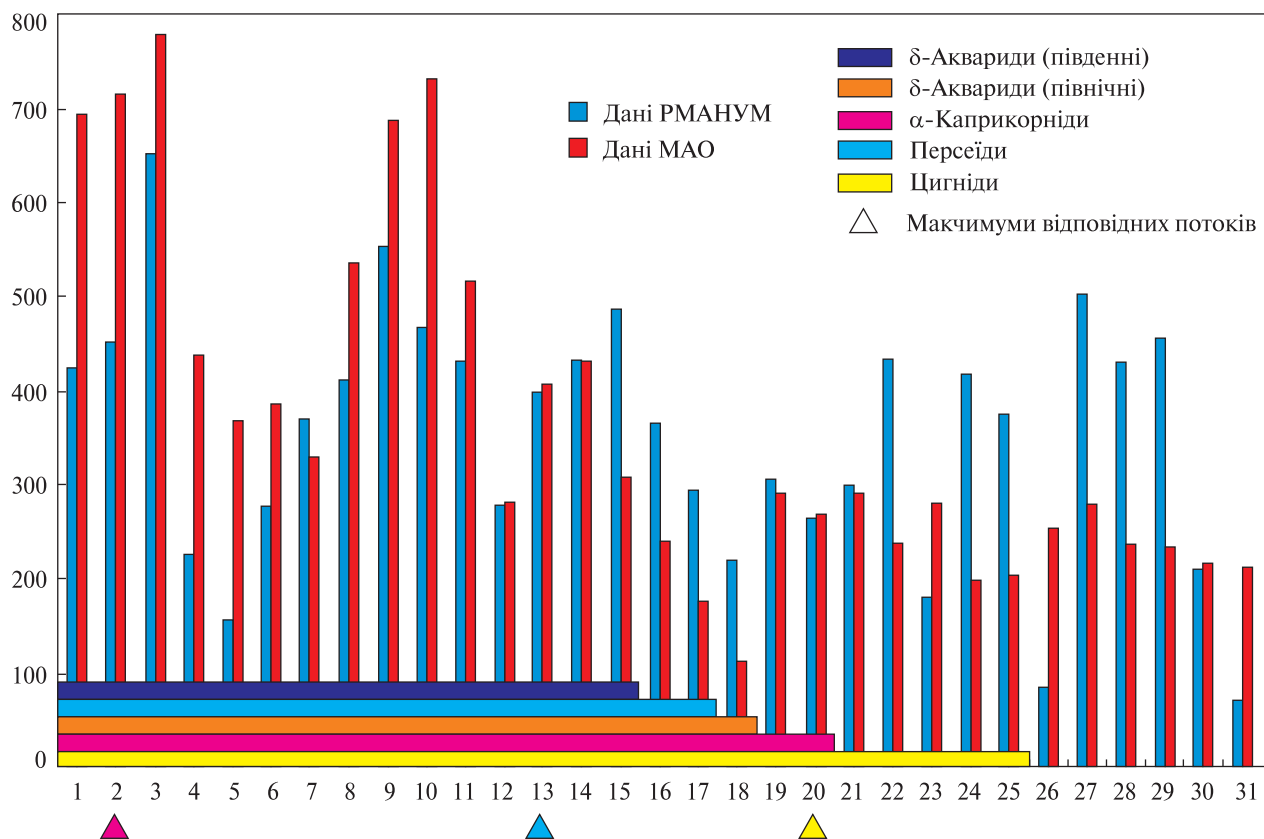


Рис. 12. Дані спостережень радіолокаторів РМАНУМ та НДІ МАО за серпень 2016 року та часові межі метеорних потоків згідно з прогнозом Головної астрономічної обсерваторії НАН України

направлену антену з довжиною бума 3.9 м та горизонтальним симетричним вібратором довжиною 1.3 м і відбивачем 1.45 м. Робота ведеться на відбитому сигналі з базовою станцією поблизу Будапешта (Угорщина), по азимуту 238°, яка віддалена від нас на 625 км та працює на частоті 94.8 МГц. Обробка сигналу з цифрового приймача DVB-T відбувається за допомогою програмного забезпечення HSDR виділення метеорних моментів відбувається в автоматичному режимі програмним забезпечення НДІ МАО.

Отримана інформація щомісячно в установленому форматі відправлялась на сайт міжнародного проекту RMOB (Radio Meteor Observing Bulletin) [64] та використовувалась учнями РМАНУМ для написання науково-дослідницьких робіт в секціях «Астрономія та астрофізика» та «Аерофізика та космічні дослідження». Заняття проводять фахівці своєї справи І. Се-

мешук, В. Мислінчук, В. Сідлецький. Роботи з метеорної астрономії були представлені на II та III етапах Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів — членів МАН України, де були високо оцінені та зайняли призові місця.

На рис. 12 представлено результати дослідження О. Пашко, учениці РМАНУМ, зі радіоспостережень метеорних потоків.

Також слід відзначити роботи таких учнів, як О. Святий «Аналіз радіоспостереження метеорів у північній півкулі за січень 2017 року», А. Воловник «FS-радіотелескоп РМАНУМ, монтаж та початок роботи». Співпраця в рамках УМСМ дозволить залучати учнівську молодь до наукової діяльності, буде сприяти вибору майбутньої професії та вихованню молоді наукової еліти України.

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка. У жовтні 2016

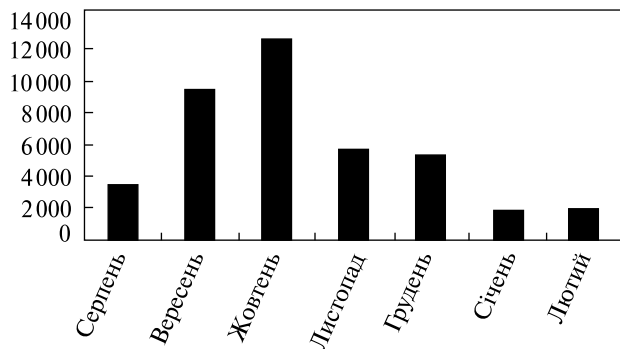


Рис. 13. Діаграма розподілу загальної кількості метеорів по місяцях. Серпень 2019 р. — лютий 2020 р., спостережний комплекс Глухівського НПУ

року у Глухові в ході проведення 1-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми сучасної астрономії та методики її викладання», присвяченій 100-річчю від дня народження всесвітньо відомого радіоастронома Й. С. Шкловського, було активно обговорено формат участі Глухівського НПУ ім. О. Довженка в наземному аерокосмічному моніторингу входжень об'єктів космосу в земну атмосферу.

У квітні 2019 року Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія» уклала Угоду про співпрацю з Глухівським НПУ імені О. Довженка. У межах цієї Угоди організовано роботу автоматизованого комплексу спостережень метеорів в радіодіапазоні за допомогою методу прийому відлунь сигналів загоризонтних радіостанцій (FM, Frequency Modulation), який 5 серпня 2019 р. з успіхом запущено в дію. Відтак, 5 серпня 2019 р. в Україні почала працювати п'ята радіотраса Глухів (Україна) — Кельце (Польща), частота 88.2 МГц, довжина 960 км, створена за ініціативи НДІ «МАО» (перші чотири: Кельце — Миколаїв, частота 88.2 МГц, довжина 910 км; Стамбул — Миколаїв, частота 88.2 МГц, довжина 700 км; Соннеберг (Німеччина) — Львів, частота 91.7 МГц, довжина 900 км; Будапешт — Рівне, частота 94.8 МГц, довжина 635 км).

Складниками комплексу з реєстрації радіовідлунь є програмно керований приймач Realtek RTL2832U; направлена антена типу Ягі-Уда, розрахована на потрібний діапазон частот

(88...108 МГц); програмне забезпечення для керування приймачем та збереження інформації; встановлений інтерпретатор мови програмування Python 3.4 з бібліотеками numpy, matplotlib, wave; програми обробки отриманих з ефіру масивів даних, розроблені на мові програмування Python. Комплекс приймає сигнал потужної загоризонтної FM-станції, розташованої в місті Кельце (Польща) на відстані приблизно 940 км від Глухова. FM-станцію вибрано з урахуванням як азимутально-частотного розподілу шумів у місці розміщення комплексу, так і місць дислокацій, потужностей та частот випромінювання станцій передавачів і радіочастот. Відтак в Україні відкрито нову радіотрасу реєстрації відлунь радіохвиль від іонізованих слідів метеорів (траса Кельце — Глухів, частота 88.2 МГц).

Щомісячно результати поточних спостережень в установленому форматі відправляються на сайт міжнародного проекту RMOB (Radio Meteor Observing Bulletin) [64]. Наведемо статистичний аналіз результатів спостережень метеорів на трасі Кельце — Глухів у період серпень 2019 р. — лютий 2020 р. (рис. 13—15).

Слід відмітити, що реалізація ідеї моніторингу метеорів має і великий педагогічний потенціал, оскільки дає можливість навчати учнів і студентів спостерігати космічні події за допомогою сучасних технічних засобів, розвивати в них якості дослідника.

ВИСНОВКИ

Метеорна астрономія, перш за все, є спостережною і експериментальною наукою. Це вимагає постійної технічної модернізації, залучення колективів фахівців, удосконалення методик спостережень і обробки баз даних. Історично Україна була великим науковим центром у розвитку метеорної астрономії на пострадянській території з центрами в Одесі та Києві. Створювалися болідні мережі, новітні для свого часу спостережні інструменти, розроблялась методика спостережень і обробки даних. Це дало можливість брати участь у великих міжнародних програмах: Міжнародний геофізичний рік (у 1957—1958 рр.) та його продовження — Міжнародна геофізична співпраця (з 1959 р.). Вітчизняними та закор-

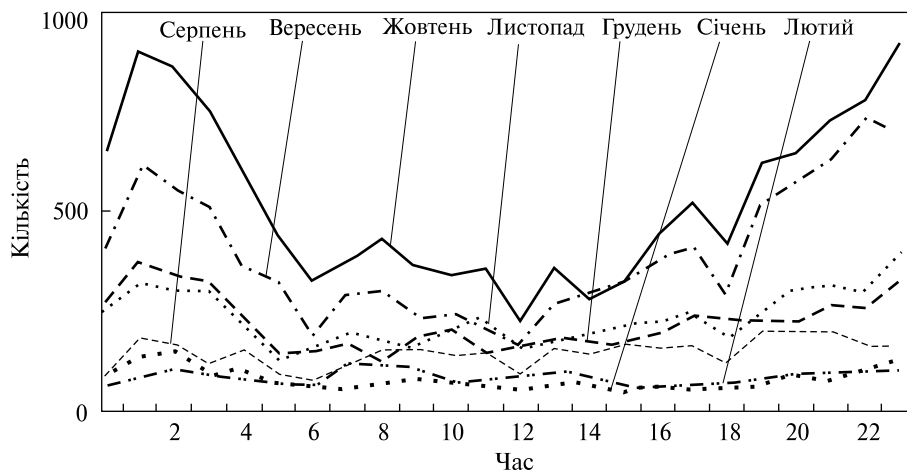


Рис. 14. Діаграма розподілу кількості метеорів за годиною доби. Серпень 2019 р. — лютий 2020 р., спостережний комплекс Глухівського НПУ

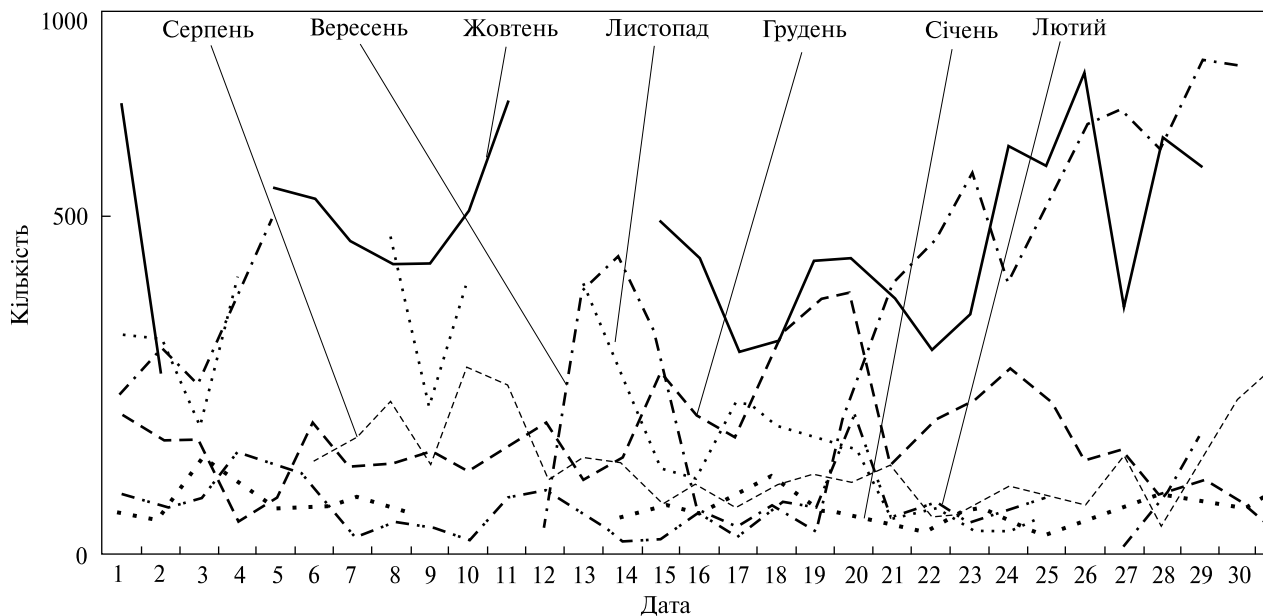


Рис. 15. Діаграма розподілу кількості метеорів за днем місяця. Серпень 2019 р. — лютий 2020 р., спостережний комплекс Глухівського НПУ

донними фахівцями було отримано величезну кількість знань про фізику метеорних явищ, про властивості верхньої атмосфери Землі, про природу пилової хмари Сонячної системи, про природу комет і астероїдів, у вивченні поверхні тіл Сонячної системи, і навіть знайшов практичне застосування — метеорний радіозв'язок. Багато

з цих знань неможливо було отримати іншими методами астрономії та фізики. Це доводить, що метеорна астрономія, поряд з іншими галузями науки, є потужним науковим інструментом у вивченні природи тіл Сонячної системи і Землі.

Після 1990-х рр. розвиток цього напрямку в астрономії значно згас. Спостереження стали

рідкісними і епізодичними. Для цього було багато об'єктивних і суб'єктивних причин. Спостережні інструменти морально застаріли, і їх практично припинили використовувати. Економічний спад також мав свій вплив. В Україні метеорна астрономія перейшла з розряду потужного наукового інструменту пізнання космічних об'єктів у таку собі «наукову екзотику». Якщо уважно простежити який період історії метеорної астрономії дав найбільш продуктивний результат, то можемо впевнено назвати період з 1950 по 1990 рр. Саме ця вся наукова інформація передруковується в даний час з одних джерел в інші, часто з перекручуваннями або втратою найбільш важливих з наукової точки зору моментів. Тільки іноді з'являються нові результати спостережень метеорів, але частіше за все заради уточнення раніше відомого факту. На сьогоднішній день доводиться обмежуватися інформацією про метеори, отриманою окремими спостерігачами або групами спостерігачів. Виникає відчуття, що метеорна астрономія як науковий метод пізнання тіл Сонячної системи перестала бути важливою. Але це хибна думка!

Приблизно з 2000-х рр. з'явилися зовсім нові технічні можливості для розвитку метеорної астрономії. У всіх розвинених країнах з доступною технічною модернізацією і популяризацією метеорної астрономії стало можливим створення великих метеорних мереж, які на багато порядків збільшили поповнення баз даних спостережень метеорних явищ. Навіть в останні роки у науковому суспільстві зріє думка про об'єднання Світових метеорних мереж в одну Глобальну мережу. В основному спостереження віддані на відкуп величезній армії любителів астрономії. Але все ж ці спостереження курують наукові організації та обсерваторії в цих країнах.

Описані в роботі сучасні можливості окремих наукових установ України для виконання досліджень в області метеорної астрономії дозволяють здійснювати фундаментальні і прикладні науково-технічні дослідження метеорних явищ на високому рівні, отримувати результати високоточних базисних або односторонніх спостережень метеорів в різних діапазонах довжин хвиль. Створення Української метеорної спостережної

мережі за участю наукових установ, розташованих у містах: Глухів, Київ, Львів, Миколаїв, Одеса, Рівне, Харків є чудовим рішенням для об'єднання зусиль науковців у проведенні регулярних базисних та односторонніх спостережень метеорів в різних діапазонах довжин хвиль, а також для обміну результатами спостережень, їхньої обробки та аналізу спостережних даних.

Однією з переваг таких комплексних паралельних спостережень є можливість порівнювати характеристики як спорадичних, так і поточних метеорів, отриманих різними засобами спостережень — в оптичному діапазоні, іонізованих слідів в радіодіапазоні, спектральні спостереження, тестові спостереження в далекому інфрачервоному діапазоні. У результаті функціонування мережі буде створено спільну базу даних обчислених параметрів спостережуваних метеорів, яку буде представлено в мережі інтернет для загального доступу. У перспективі планується інтегрувати дану базу даних до міжнародних аналогів, що беззаперечно буде слугувати підвищенню авторитету України в науковому контексті метеорної астрономії. Наявність у складі організацій-учасників мережі педагогічних установ буде сприяти процесу популяризації науки серед учнівської молоді та залученню студентів до досліджень метеорного компонента Сонячної системи.

Роботу виконано:

- *НДІ астрономії ХНУ імені В. Н. Каразіна* — частково в рамках договору № БФ/32-2021 на виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Математичні науки та природничі науки» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна за рахунок фінансування Міністерства освіти і науки України;
- *НДІ «Астрономічна обсерваторія» Одеського національного університету імені І. І. Мечникова* — частково в рамках теми № 588. Номер реєстрації: 0119U002194 «Дослідження нестаціонарних об'єктів і явищ у ближньому космосі з використанням мережі телескопів Одеської обсерваторії».
- *Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка* — в

рамках держбюджетної теми 22БФ023-02 «Діагностика пилу в активних малих тілах Сонячної системи та навколосемному космічному просторі» за рахунок фінансування Міністерства освіти і науки України, та частково в рамках виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Математичні науки та природни-

чі науки» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Автори вдячні докторці фізико-математичних наук, член-кореспондентці Національної академії наук України І. Б. Вавиловій за надані корекції, за уваження та рекомендації щодо покращення даної статті.

ЛІТЕРАТУРА

1. А. с. 37593, Козирев Є. С. Програмний продукт «Реєстрація метеорних явищ з використанням телевізійних камер» («MeteorDetect»). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 37593, видане 25.03.2011.
2. А. с. 75259 Куліченко М. О. Автоматичне виділення та аналіз траєкторій метеорів («TraEx»). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 75259, видане 07.12.2017.
3. А. с. 75962, Вовк В. С., Куліченко М. О. Програмний продукт «Автоматичне виявлення метеорів та штучних супутників землі по даним радіоприймача RTL2832». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 75962. Заєєстровано у державному реєстрі України 07.12.2017. URL: http://www.nao.nikolaev.ua/articles/2017/2017_75258_Vovk.pdf.
4. Бушуєв Ф. І., Калюжний М. П., Куліченко М. О., Шульга О. В., Малиновський Є. В., Савчук С. Г., Янків-Вітковська Л. М., Грудинін Б. О. Становлення та розвиток української мережі радіоспостережень метеорів. *Космічна наука і технологія*. 2021. **27**, № 3. С. 85–92.
5. Бушуєв Ф. И., Калюжный Н. А., Сливинский А. П., Шульга А. В. Использование сигналов вещательных FM-станций для исследований численности метеоров. *Космічна наука і технологія*. 2011. **17**, № 3. С. 60–70.
6. Голубаєв О. В. Кінематичні та фізичні характеристики метеорних тіл з радіантами поблизу Сонця за даними наземних телевізійних спостережень. Дисертація. Київ. 2017. 195 с. URL: http://svrada.nau.edu.ua/2017.06.27_Golubaev/ (дата звернення: 24.04.2022)
7. Горбанев Ю. М., Князькова Е. Ф., Шульга А. В., Куліченко Н. А., Козак П. Н., Мозговая А. М., Голубаєв А. В. Украинская метеорная оптическая сеть. *Радиотехника*. 2016. **185**. С. 5–8.
8. Горбаньов Ю. М., Шестопалов В. О., Сарест Л. О., Голубаєв О. В. *Телевізійне метеорне патрулювання на о. Зміїний. Дослідження (сучасного стану) екосистеми острову Зміїний*. Одеса: Астропринт. 2008. 120 с.
9. Коваль Ю. А., Кундюков С. Г., Бавыкина В. В., Ткачук А. А., Луценко А. Б., Нестеренко Г. В. Применение радиометеорной аппаратуры для оперативной синхронизации стандартов времени и частоты в пределах прямой видимости. *Радиоэлектроника и информатика*. 2004. № 1. С. 14–19.
10. Козак П. Н. Анализ методов и точность определения экваториальных координат при цифровой обработке телевизионных наблюдений метеоров. *Кинематика и физика небес. тел.* 2002. **18**, № 5. С. 471–480.
11. Козак П. Н. Векторный метод определения параметров траектории и элементов гелиоцентрической орбиты метеора для телевизионных наблюдений. *Кинематика и физика небес. тел.* 2003. **19**, № 1. С. 62–76.
12. Козак П. Н. Диффузная структура некоторых метеоров в начале их траекторий на классических высотах. *Кинематика и физика небес. тел.* 2019. **35**, № 6. С. 62–79.
13. Козак П. М., Козак Л. В. Метод фотометрії слабких метеорів та штучних супутників Землі із спостережень з телевізійними системами супер-ізокон. *Космічна наука і технологія*. 2015. **21**, № 1. С. 38–47.
14. Козак П. М., Козак Л. В. Про можливість застосування тепловізорів для спостереження метеорів та інших атмосферних утворень в далекому інфрачервоному діапазоні. *Вісник Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Астрономія*. 2019. **2** (60). С. 33–38.
15. Козак П. М., Рожило О. О., Тарануха Ю. Г., Кручиненко В. Г. Кінематичні характеристики вересневих метеорів за базисними телевізійними спостереженнями 2003 року. *Космічна наука і технологія*. 2011. **17**, № 4. С. 51–62.
16. Крамер Е. Н. *Метеорное патрулирование в Одессе*. Страницы истории астрономии в Одессе. 1997. Часть 4. С. 27.
17. Крамер Е. Н., Горбанёв Ю. М. Физические процессы, сопровождающие вспышки ярких метеоров. *Письма в Астрон. журн.* 1990. **16**, № 10. С. 940–945.
18. Мозгова А. М. Речовинний склад вибраних метеорів за дистанційними спектральними спостереженнями. Дисертація. Київ. 2018. 133 с.

19. Патент 117155, Шульга О. В., Бушуєв Ф. І., Вовк В. С., Куліченко М. О. Спосіб пасивної реєстрації метеорних явищ у радіодіапазоні». Патент на корисну модель № 117155. Зареєстровано в державному реєстрі патентів України на корисні моделі 12.06.2017.
20. Патент 118001, Козирев Є. С. Спосіб спостереження низькоорбітальних супутників Землі і опорних зір. Патент на корисну модель № 118001. Зареєстровано у державному реєстрі патентів України 10.07.2017.
21. Пинигин Г. И., Пожалова Ж. А. Николаевское отделение ГАО во второй половине XX века. Николаев: НИИ «Николаевская астрономическая обсерватория», 2013. 11 с. URL: http://www.nao.nikolaev.ua/articles/2015/2015_Pinigin_p_01.pdf.
22. Савчук С. Г., Янків-Вітковська Л. М. Астрономія у Львівській політехніці. *LEOPOLIS SCIENTIFICA. Наука у Львові до середини ХХ століття: Зб. наук. праць*. 2020. С. 358—380.
23. Святогор О. О., Жилияев Б. Ю., Решетник В. М. Автоматизований наземний комплекс дальньої оптично-цифрової розвідки (АНКОР). Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах: зб. тез доп. 17-ї наук.-техн. конф. (Чернігів, 7—8 вересня 2017 р.). Чернігів, 2017. С. 313—314.
24. Сливинский А. П., Бушуев Ф. И., Калужный Н. А., Шульга А. В. Возможность наблюдения галактических метеоров по рассеянию сигналов FM-вещательных станций. *Наука и технологические разработки*. 2013. **92**, № 2. С. 28—34.
25. Churyumov K. I., Steklov A. F., Vidmachenko A. P., Dashkiev G. N. Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev. *Astron. School's Report*. 2015. **11**, № 2. P. 99—102.
26. Churyumov K. I., Steklov A. F., Vidmachenko A. P., Dashkiev G. N. «Churyumov Unified Network»: new tasks for astronomical observatories to protect society. *Astron. School's Report*. 2016. **12**, № 1. P. 72—76.
27. Churyumov K. I., Vidmachenko A. P., Steklov A. F., Steklov E. A. Three bright bolides in Kiev sky on 29 March 2013. 8th Conference Meteoroids 2013, held 26—30 August 2013 in the Poznań, Poland. Program and abstracts, IAU C22, Session P12 Fireballs. 2013, Contribution No. 077.
28. Dashkiev G. N., Zhilyaev B. E., Steklov A. F., Vidmachenko A. P. Interesting fireball invasion in the sky over Kiev. 50th Lunar and Planetary Science Conference, held 18-22 March, 2019 at The Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 2132, id.1195.
29. European viDeo Meteor Observation Network (EDMONd). URL: <https://fmp.uniba.sk/en/microsites/daa/division-of-astronomy-and-astrophysics/research/meteors/edmond/> (Last accessed: 24.04.2022).
30. Golubaev A. V. Main Parameters of Meteoroid Motion during the Fall of the Chelyabinsk Meteorite Shower on February 15, 2013. *Sol. Syst. Res*. 2015. **49**, № 3. P. 147—158.
31. Golubaev A. V. Sungrazing Dust Particles against the Sporadic Meteor Background. *Sol. Syst. Res*. 2015. **49**, № 4. P. 226—236.
32. Gorbanev Y. M. Odessa Television Meteor Patrol. *Odessa Astron. Publ*. 2009. **22**. P. 60—67.
33. Gorbanev Yu. M., Golubaev A. V., Zhukov V. V., Knyaz'kova E. F., Kimakovskii S. R., Kimakovskaya I. I., Podlesnyak S. V., Sarest L. A., Stogneeveva I. A., Shestopalov V. A. Methods and statistics of TV observations of telescopic meteors. *Sol. Syst. Res*. 2006. **40**, № 5. P. 412—426.
34. Gorbanev Yu. M., Golubaev A. V., Zhukov V. V., Kimakovskaya I. I., Kimakovskiy S. R., Knyazkova E. F., Podlesnyak S. V., Sarest L. A., Stogneeveva I. A., Shestopalov V. A. Techniques for positional measurements of telescopic meteor TV images. *Sol. Syst. Res*. 2008. **42**, № 1. P. 35—50.
35. Gorbanev Yu. M., Ivanova I. I. Modelling of meteors light-curves. *Astron. School's Report*. 2004. **5**, № 1-2. P. 135—140.
36. Gorbanev Yu. M., Kimakovskiy S. R. A statistical modelling of meteor showers. *Astron. School's Report*. 2004. **5**, № 1-2. P. 41—149.
37. Gorbanev Yu. M., Knyaz'kova E. F. Young Meteor Swarms Near the Sun: I. Statistical Correlation of Meteors with Families of Short-Perihelion Comets. *Sol. Syst. Res*. 2003. **37**, № 6. P. 506—518.
38. Gorbanev Yu. M., Konovalova N. A., Davruqov N. Kh Groups of meteorites and meteorite-dropping fireballs in asteroidal orbits. *J. Phys. Studies*. 2021. **25**, № 4. 4902 (6 p.). DOI:<https://doi.org/10.30970/jps.25.4902>
39. Gorbanev Y. M., Kramer E. N. Structure and evolution of «asteroidal» meteor swarms. *Sol. Syst. Res*. 1994. **27**, № 4. P. 376—381.
40. Grabowski L. Politechnika Lwowska. Obserwatoriumy astronomiczno-meteorologiczne ze Stacją sejsmograficzną. Sprawozdanie z działalności z 1918r do 1927 r. Odbitka z rocznika Astronomicznego obserwatorium Krakowskiego na rok 1928, tom V, Krakow. 1928. P. 91—96.
41. Hajdukova M., Kruchinenko V. G., Kazantsev A. M., Taranucha Ju. G., Rozhilo A. A., Eryomin S. S., Kozak P. N. Perseid meteor stream 1991—1993 from TV observations in Kiev. *Earth, Moon and Planets*. 1995. **68**. P. 297—301.
42. Hrushytska I. B. Development of meteor astronomy at the Odessa University during the period of Ukraine's independence. *History of science and technology*. **9**. 1(14). P. 77—88. DOI: [https://doi.org/10.32703/2415-7422-2019-9-1\(14\)-77-88](https://doi.org/10.32703/2415-7422-2019-9-1(14)-77-88)

43. International Astronomical Union Meteor Data Center Meteor Databases. Version 2020. URL: <https://www.astro.sk/iaumdcDB/> (Last accessed: 24.01.2022).
44. Kartashova A., Golubaev A., Mozgova A., Chuvashov I., Bolgova G., Glazachev D., Efremov V. Investigation of the Ozerki meteoroid parameters. *Planetary and Space Sci.* 2020. **193**. P. 105034. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105034>
45. Kozak P. «Falling Star»: Software for Processing of Double-Station TV Meteor Observations. *Earth, Moon, and Planets.* 2008. **102** (1-4). P. 277–283.
46. Kozak P. M. Semi-empirical method for the photometry of low-light meteors from observations with the isocon television system. *The Meteoroids 2013, Proceedings of Astronomical Conference at A. M. University, Poznan, Poland, Aug. 26-30*. Eds.: T. J. Jopek, F. J. M. Rietmeijer, J. Watanabe, I. P. Williams. A. M. University Press. 2014. P. 335–343.
47. Kozak P. M., Lapchuk V. P., Kozak L. V., Ivchenko V. M. Optimization of video camera disposition for the maximum calculation precision of coordinates of natural and artificial atmospheric objects in stereo observations. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.* 2018. **34** (6). P. 314–327.
48. Kozak P., Rozhilo O., Kruchynenko V., Kazantsev A., Taranukha A. Results of processing of Leonids-2002 meteor storm TV observations in Kyiv. *Adv. in Space Res.* 2007. **39** (4). P. 619–623.
49. Kozak P. M., Rozhilo A. A., Taranukha Y. G. Some features of digital kinematic and photometrical processing of faint TV meteors. *The Meteoroids 2001, Proceedings of Conference, Kiruna, Sweden, 6-10 August, 2001*. — ESA-SP 495. Ed. Barbara Warmbein. 2001. P. 337–342.
50. Kozak P. M., Watanabe J. Upward-moving low-light meteor. I. Observation results. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2017. **467** (1). P. 793–801.
51. Kozak P. M., Watanabe J. Meteors with extreme beginning heights from observations with high-sensitivity super-isocon TV systems. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2020. **497** (4). P. 5550–5559.
52. Kramer E. N., Gorbanev Y. M., Skoblikova L. Ya. Drift and oscillations of the orbital elements of cosmic dust. *Astron. Reports.* 1994. **38** (4). P. 589–593.
53. Kruchynenko V. G., Kazantsev A. M., Taranukha Yu. G., Kozak P. M., Yeryomin S. S., Rozhylo O. O., Smertyuk L. M. Catalogue of Perseid shower meteors on TV observations in Kyiv during 1991–1993. *Вісник Київського Університету, Астрономія.* 1997. Вип. 34. С. 94–117.
54. Kulichenko M. O., Maigurova N. V., Shulga O. V. Kulichenko M. O. Investigation of the photometric system of the meteor TV CCD cameras. *Odessa Astron. Publ.* 2020. **33**. P. 129–132.
55. Kulichenko M. O., Shulga O. V. Double station observation of meteors with low baseline in Mykolaiv. *Odessa Astron. Publ.* 2017. **30**. P. 230–231.
56. Kulichenko M. O., Shulga A. V. Radiances and orbital distribution of TV faint sporadic meteors. *Odessa Astron. Publ.* 2018. **31**. P. 186–190.
57. Kulichenko M. O., Shulga O. V., Gorbanev Yu. M. Results of positional and photometric measurements of meteor trajectories observed in Mykolaiv 2017–2018. *Odessa Astron. Publ.* 2019. **32**. P. 165–167.
58. Kulichenko N., Shulga O., Kozryyev Y., Sybiryakova Y. Double station observation of meteors in Nikolaev. *WGN.* 2015 **43** (3). P. 81–84.
59. Morozhenko A. V., Vidmachenko A. P. On the accuracy of indirect methods for estimating the sizes of asteroids. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.* 2013. **29** (5). P. 237–242.
60. Morozhenko A. V., Vidmachenko A. P., Nevodovskii P. V. Aerosol in the upper layer of Earth's atmosphere. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.* 2013. **29** (5). P. 243–246.
61. *NASA Meteor Shower Portal*. URL: <http://cams.seti.org/FDL/> (Last accessed: 24.01.2022).
62. *NASA All Sky Fireball Network*. URL: <https://fireballs.ndc.nasa.gov/> (Last accessed: 24.01.2022).
63. Nevodovskiy P., Vidmachenko A., Ivakhiv O., Zbrutskiy O., Geraimchuk M., Hirniak Y. Remote Study of the Earth Stratospheric Aerosol. 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), April 16–18, 2019 at Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Conference Proceedings, P. 640–644.
64. *Radio Meteor Observing Bulletin (RMOB)*. URL: <https://www.rmob.org/index.php> (Last accessed: 24.01.2022).
65. *Sonotaco.com. Soft UFO*. Електронний ресурс: https://sonotaco.com/soft/e_index.html#ufoo (Last accessed: 24.01.2022).
66. Spanish Meteor Network. URL: <http://www.spmn.uji.es/ENG/presentation.html> (Last accessed: 24.01.2022).
67. *UFOCapture is motion capture software*. URL: http://sonotaco.com/e_index.html (Last accessed: 24.01.2022).
68. Vida D., Segon D., Gural P., Brown P., McIntyre M., Dijkema T., Pavletic L., Kukic P., Mazur M., Eschman P., Roggemans P., Merlak A., Zubovik D. The Global Meteor Network — Methodology and First Results. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2021. **506** (4). P. 5046–5074.
69. Vidmachenko A. P., Vashchenko E. P., Ivchenko V. N., Sandakova E. V. Television Observations of Meteors. *Sol. Syst. Res.* 1977. **10** (4). P. 194–197.
70. Vovk V. S., Shulga O. V., Sybiryakova Ye. S., Kaliuzhniy M. P., Bushuev F. I., Kulichenko M. O. Low-tech Highly Efficient Radiotechnical Solutions for Meteors and Satellite Observations. *Sci. innov.* 2017. **13** (1). P. 65–68.

71. Zhilyaev B. E., Reshetnyk V., Petukhov V. N. On reconstruction of astronomical images in observations through turbulent atmosphere. *Bulgarian Astron. J.* 2018. **29**. P. 67–73.
72. Zhilyaev B. E., Steklov A. F., Vidmachenko A. P., Verliuk I. A. Rarefaction waves in meteor traces. 51st Lunar and Planetary Science Conference, held 16–20 March, 2020 at The Woodlands, Texas. *LPI Contribution No. 2326*, 2020, id.1098.
73. Zhilyaev B. E., Vidmachenko A. P., Steklov A. F. Physical characteristics of space invasion. *Astron. School's Report*. 2020. **16** (2). P. 43–47.
74. Zhilyaev B. E., Vidmachenko A. P., Steklov A. F. Meteor with interesting characteristics from the 2001 Leonids meteor shower. 52nd Lunar and Planetary Science Conference, held virtually, 15–19 March, 2021. *LPI Contribution No. 2548*, id.1067.
75. Zhilyaev B. E., Vidmachenko A. P., Steklov A. F., Pokhvala S. M., Verlyuk I. A. The physics of space intrusions. I. Features of the trajectories. *Astron. School's Report*. 2020. **16** (1). P. 8–15.
76. Zhilyaev B. E., Vidmachenko A. P., Steklov A. F., Pokhvala S. M., Verlyuk I. A. The physics of space intrusions. I. Features of the trajectories. *Astron. School's Report*. 2020. **16** (1). P. 8–15.

REFERENCES

1. A. s. Kozyriev Ye. S. (2011). Certificate of copyright registration for the work № 37593. Registration of meteor phenomena using television cameras (Meteordetect). Registered in the state register of Ukraine 25.03.2011.
2. A. s. Kulichenko M. O. (2017). Certificate of copyright registration for the work № 75259. Automatic extraction and analysis of meteor trajectories («TraEx»). Registered in the state register of Ukraine 07.12.2017.
3. A. s. Vovk V. S., Kulichenko M. O. (2017). Automatic detection of meteors and artificial satellites of Earth using the radio receiver RTL2832. Certificate of copyright registration for the work № 75962. Registered in the state register of Ukraine 07.12.2017. URL: http://www.nao.nikolaev.ua/articles/2017/2017_75258_Vovk.pdf (Last accessed: 24.04.2022).
4. Bushuev F., Kaliuzhnyi M., Kulichenko M., Shulga O., Malynovskiy Y., Savchuk S., Yankiv-Vitkovska L., Hrudynin B. (2021). Formation and development of the Ukrainian network of meteor radio observations. *Space Science and Technology*, **27**, № 3 (130), 85–92 [In Ukrainian].
5. Bushuev F. I., Kaliuzhnyi N. A., Slivinsky A. P., Shulga A. V. (2011). The use of FM-signals of broadcasting stations for meteor activity investigation. *Space Science and Technology*, **17**, № 3, 60–70 [In Russian].
6. Golubaev A. V. (2017). *Kinematic and Physical Characteristics of Meteoroids with Radiances Near the Sun According to Terrestrial Television Observations*. PhD thesis. Kyiv, 195 p. URL: http://svrada.nau.edu.ua/2017.06.27_Golubaev/ (Last accessed: 24.04.2022) [In Ukrainian].
7. Gorbanev Yu. M., Knyaz'kova E. F., Shulga A. V., Kulichenko M. O., Kozak P. M., Mozgova A. M., Golubaev A. V. (2016). Ukrainian meteor optical network. *Radiotekhnika*, № 185, 5–8 [In Russian].
8. Gorbanev Yu. M., Shestopalov V. A., Sarest L. A., Golubaev A. V. (2008). *Television meteor patrolling on Zmeinyy Island. Research (the current state) of Zmeinyy Island ecosystem*. Odesa: Astroprint [In Ukrainian].
9. Koval Yu. I., Kundyukov S. G., Bavykina V. V., Tkachuk A. A., Lutsenko A. B., Nesterenko G. V. (2004). The use of radio meteor equipment for the operational synchronization of time and frequency standards within the line of sight. *Radioelectronics and Informatics*, № 1, 14–19 [In Russian].
10. Kozak P. M. (2002). Analysis of the methods and precision of determination of the equatorial coordinates in digital reducing of TV observations of meteors. *Kinematics and Physics of Celestial bodies*, **18**, № 5, 471–480 [In Russian].
11. Kozak P. M. (2003). A vector method for the determination of trajectory parameters and heliocentric orbit elements of a meteor in TV observations. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, **19**, № 1, 62–76 [In Russian].
12. Kozak P. M. (2019). Diffuse structure of some meteors at the beginning of their trajectories at classical heights. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, **35**, № 6, 286–294 [In Russian].
13. Kozak P. M., Kozak L. V. (2015). Method for photometry of faint meteors and artificial earth's satellites from observations with super-isocon TV systems. *Space Science and Technology*, **21**, № 1, 38–47 [In Ukrainian].
14. Kozak P. M., Kozak L. V. (2019). On the possibility of using thermal vision cameras for observations of meteors and other atmospheric formations in long wave infrared. *Bull. Taras Shevchenko Nat. Univ. of Kyiv, Astronomy*, **2**, № 60, 33–38 [In Ukrainian].
15. Kozak P. M., Rozhilo O. O., Taranukha Y. G., Kruchynenko V. G. (2011). Kinematic characteristics of September meteors from double-station TV observations in 2003. *Space Science and Technology*, **17**, № 4, 51–62 [In Ukrainian].
16. Kramer E. N. (1997). *Meteor patrolling in Odessa*. Pages of the history of astronomy in Odessa. Collection, Part 4, 27 [In Russian].
17. Kramer E. N., Gorbanev Y. M. (1990). The physical processes in the bright meteor flares. *Astron. Letters*, **16**, № 10, 940–945 [In Russian].

18. Mozgova A. M. (2018). Material composition of meteors by remote spectral observations. PhD thesis. Kyiv [In Ukrainian].
19. Patent Shulga O. V., Bushuev F. I., Vovk V. S., Kulichenko M. O. (2017). Patent for utility model No 117155. Method of passive registration of meteor phenomena in radio range. Registered in the state register of patents of Ukraine for utility models 12.06.2017 [In Ukrainian].
20. Patent Kozyriev Ye. S. (2017). Patent for utility model No 118001. A method of observation of low-orbit Earth satellites and reference stars. Registered in the state register of patents of Ukraine for utility models 10.07.2017 [In Ukrainian].
21. Pinigin G. I., Pozhalova Zh. A. (2013). Nikolaev division of MAO in the second half of XX century. Nikolaev. RI «Nikolaev astronomical observatory». 11 p. URL: http://www.nao.nikolaev.ua/articles/2015/2015_Pinigin_p_01.pdf [in Russian].
22. Savchuk S. G., Yankiv-Vitkovska L. M. (2020). Astronomy at Lviv Polytechnic LEOPOLIS SCIENTIFICA. Science in Lviv until the middle of the XX century. Scientific works collection. Lviv, 358—380 [In Ukrainian].
23. Svyatohorov O. A., Zhilyaev B. Y., Reshetnyk V. M. (2017). Automated ground-based long-range optical-digital reconnaissance complex (ANCOR). Creation and modernization of armaments and military equipment in modern conditions: abstracts of the 17th scientific and technical conference, Chernihiv, September 7—8, 2017. P. 313—314 [In Ukrainian].
24. Slivinsky A. P., Bushuev F. I., Kalyuzhny N. A., Shulga A. V. (2013). The possibility of galactic meteors observations by scattering signals of FM broadcast stations. *Sci. and Technological Developments*, **92**, № 2, 28—34 [in Russian].
25. Churyumov K. I., Steklov A. F., Vidmachenko A. P., Dashkiev G. N. (2015). Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev. *Astron. School's Report*, **11**, № 2, 99—102.
26. Churyumov K. I., Steklov A. F., Vidmachenko A. P., Dashkiev G. N. (2016). «Churyumov Unified Network»: new tasks for astronomical observatories to protect society. *Astron. School's Report*, **12**, № 1, 72—76.
27. Churyumov K. I., Vidmachenko A. P., Steklov A. F., Steklov E. A. (2013). Three bright bolides in Kiev sky on 29 March 2013. 8th Conference Meteoroids 2013, held 26—30 August 2013 in the Poznań, Poland. Program and abstracts, IAU C22, Session P12 Fireballs. 2013, Contribution № 077.
28. Dashkiev G. N., Zhilyaev B. E., Steklov A. F., Vidmachenko A. P. (2019). Interesting fireball invasion in the sky over Kiev 50th Lunar and Planetary Science Conference, held 18—22 March, 2019 at The Woodlands, Texas. LPI Contribution. 2019. No. 2132. id.1195.
29. European viDeo Meteor Observation Network (EDMONd). URL: <https://fmpn.uniba.sk/en/microsites/daa/division-of-astronomy-and-astrophysics/research/meteors/edmond/> (Last accessed: 24.04.2022).
30. Golubaev A. V. (2015). Main Parameters of Meteoroid Motion during the Fall of the Chelyabinsk Meteorite Shower on February 15, 2013. *Sol. Syst. Res.*, **49**, № 3, 147—158.
31. Golubaev A. V. (2015). Sungrazing Dust Particles against the Sporadic Meteor Background. *Sol. Syst. Res.*, **49**, № 4, 226—236.
32. Gorbaney Y. M. (2009). Odessa Television Meteor Patrol. *Odessa Astron. Publ.*, **22**, 60—67.
33. Gorbaney Yu. M., Golubaev A. V., Zhukov V. V., Knyaz'kova E. F., Kimakovskii S. R., Kimakovskaya I. I., Podlesnyak S. V., Sarest L. A., Stogneeveva I. A., Shestopalov V. A. (2006). Methods and statistics of TV observations of telescopic meteors. *Sol. Syst. Res.*, **40**, № 5, 412—426.
34. Gorbaney Yu. M., Golubaev A. V., Zhukov V. V., Kimakovskaya I. I., Kimakovskiy S. R., Knyazkova E. F., Podlesnyak S. V., Sarest L. A., Stogneeveva I. A., Shestopalov V. A. (2008). Techniques for positional measurements of telescopic meteor TV images. *Sol. Syst. Res.*, **42**, № 1, 35—50.
35. Gorbaney Yu. M., Ivanova I. I. (2004). Modelling of meteors light-curves. *Astron. School's Report*, **5**, № 1, 135—140.
36. Gorbaney Yu. M., Kimakovskiy S. R. (2004). A statistical modelling of meteor showers. *Astron. School's Report*, **5**, № 1-2, 41—149.
37. Gorbaney Yu. M., Knyaz'kova E. F. (2003). Young Meteor Swarms Near the Sun: I. Statistical Correlation of Meteors with Families of Short-Perihelion Comets. *Sol. Syst. Res.*, **37**, № 6, 506—518.
38. Gorbaney Yu. M., Konovalova N. A., Davruqov N. (2021). Kh Groups of meteorites and meteorite-dropping fireballs in asteroidal orbits. *J. Phys. Studies*, **25**, № 4, 4902 (6 p.). DOI: <https://doi.org/10.30970/jps.25.4902>
39. Gorbaney Y. M., Kramer E. N. (1994). Structure and evolution of «asteroidal» meteor swarms. *Sol. Syst. Res.*, **27**, № 4, 376—381.
40. Grabowski L. (1928). Politechnika Lwowska. Obserwatorjum astronomiczno-meteorologiczne ze Stacją sejsmograficzną. Sprawozdanie z działalności z 1918r do 1927r. Odbitka z rocznika Astronomicznego obserwatorium Krakowskiego na rok 1928, tom v, Krakow., s. 91—96.
41. Hajdukova M., Kruchinenko V. G., Kazantsev A. M., Taranucha Ju. G., Rozhilo A. A., Eryomin S. S., Kozak P. N. (1995). Perseid meteor stream 1991—1993 from TV observations in Kiev. *Earth, Moon and Planets*, **68**, 297—301.
42. Hrushytska I. B. (2019). Development of meteor astronomy at the Odessa University during the period of Ukraine's independence. *History of science and technology*, **9**, № 1 (14). DOI: [https://doi.org/10.32703/2415-7422-2019-9-1\(14\)-77-88](https://doi.org/10.32703/2415-7422-2019-9-1(14)-77-88)

43. International Astronomical Union Meteor Data Center Meteor Databases. Version 2020. URL: <https://www.astro.sk/iaumdcDB/> (Last accessed: 24.04.2022).
44. Kartashova A., Golubaev A., Mozgova A., Chuvashov I., Bolgova G., Glazachev D., Efremov V. (2020). Investigation of the Ozerki meteoroid parameters. *Planetary and Space Sci.*, **193**, 105034. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105034>.
45. Kozak P. (2008). «Falling Star»: Software for Processing of Double-Station TV Meteor Observations. *Earth, Moon, and Planets*, **102**, № 1–4, 277–283.
46. Kozak P. M. (2014). *Semi-empirical method for the photometry of low-light meteors from observations with the isocon television system*. The Meteoroids 2013, Proceedings of Astronomical Conference at A.M. University, Poznan, Poland, Aug. 26–30, Eds. T. J. Jopek, F. J. M. Rietmeijer, J. Watanabe, I. P. Williams. A.M.: University Press, 335–343.
47. Kozak P. M., Lapchuk V. P., Kozak L. V., Ivchenko V. M. (2018). Optimization of video camera disposition for the maximum calculation precision of coordinates of natural and artificial atmospheric objects in stereo observations. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, **34**, № 6, 314–327.
48. Kozak P., Rozhilo O., Kruchynenko V., Kazantsev A., Taranukha A. (2007). Results of processing of Leonids-2002 meteor storm TV observations in Kyiv. *Adv. in Space Res.*, **39**, № 4, 619–623.
49. Kozak P. M., Rozhilo A., Taranukha Y. G. (2001). *Some features of digital kinematic and photometrical processing of faint TV meteors*. The Meteoroids 2001, Proceedings of Conference, Kiruna, Sweden, 6–10 August, 2001, ESA-SP 495, Ed. B. Warmbein. P. 337–342.
50. Kozak P. M., Watanabe J. (2017). Upward-moving low-light meteor. I. Observation results. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **467**, № 1, 793–801.
51. Kozak P.M., Watanabe J. (2020). Meteors with extreme beginning heights from observations with high-sensitivity super-isocon TV systems. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **497**, № 4, 5550–5559.
52. Kramer E. N., Gorbanev Y. M., Skoblikova L. Ya. (1994). Drift and oscillations of the orbital elements of cosmic dust. *Astron. Rep.*, **38**, № 4, 589–593.
53. Kruchinenko V. G., Kazantsev A. M., Taranukha Yu. G., Kozak P. M., Yeryomin S. S., Rozhylo O. O., Smertyuk L. M. (1997). Catalogue of Perseid shower meteors on TV observations in Kyiv during 1991–1993. *Bull. Taras Shevchenko Nat. Univ. Kyiv. Astronomy*, **34**, 94–117.
54. Kulichenko M. O., Maigurova N. V., Shulga O. V. (2020). Investigation of the photometric system of the meteor TV CCD cameras. *Odessa Astron. Publ.*, **33**, 129–132.
55. Kulichenko M. O., Shulga O. V. (2017). Double station observation of meteors with low baseline in Mykolaiv. *Odessa Astron. Publ.*, **30**, 230–231.
56. Kulichenko M. O., Shulga A. V. (2018). Radiants and orbital distribution of TV faint sporadic meteors. *Odessa Astron. Publ.*, **31**, 186–190.
57. Kulichenko M. O., Shulga O. V., Gorbanev Yu. M. (2019). Results of positional and photometric measurements of meteor trajectories observed in Mykolaiv 2017–2018. *Odessa Astron. Publ.*, **32**, 165–167.
58. Kulichenko N., Shulga O., Kozryyev Y., Sybiryakova Y. (2015). Double station observation of meteors in Nikolaev. *WGN*, **43**, № 3, 81–84.
59. Morozhenko A. V., Vidmachenko A. P. (2013). On the accuracy of indirect methods for estimating the sizes of asteroids. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, **29**, № 5, 237–242.
60. Morozhenko A. V., Vidmachenko A. P., Nevodovskii P. V. (2013). Aerosol in the upper layer of earth's atmosphere. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, **29**, № 5, 243–246.
61. NASA Meteor Shower Portal. URL: <http://cams.seti.org/FDL/> (Last accessed: 24.04.2022).
62. NASA All Sky Fireball Network. URL: <https://fireballs.ndc.nasa.gov/> (Last accessed: 24.04.2022).
63. Nevodovskiy P., Vidmachenko A., Ivakhiv O., Zbrutskiy O., Geraimchuk M., Hirniak Y. (2019). Remote Study of the Earth Stratospheric Aerosol (2018) IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), April 16–18, 2019 at Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. Conference Proceedings, 640–644.
64. Radio Meteor Observing Bulletin (RMOB). URL: <https://www.rmob.org/index.php> (Last accessed: 24.04.2022).
65. *Sonotaco.com. Soft UFO*. URL: https://sonotaco.com/soft/e_index.html#ufoo (Last accessed: 24.04.2022).
66. Spanish Meteor Network. URL: <http://www.spmn.uji.es/ENG/presentation.html> (Last accessed: 24.04.2022).
67. UFOCapture is motion capture software. URL: http://sonotaco.com/e_index.html (Last accessed: 24.04.2022).
68. Vida D., Segon D., Gural P., Brown P., McIntyre M., Dijkema T., Pavletic L., Kukic P., Mazur M., Eschman P., Roggemans P., Merlak A., Zubovik D. (2021). The Global Meteor Network - Methodology and First Results. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **506**, № 4, 5046–5074.
69. Vid'Machenko A. P., Vashchenko E. P., Ivchenko V. N., Sandakova E. V. (1977). Television Observations of Meteors. *Solar System Res.*, **10**, № 4, 194–197.

70. Vovk V. S., Shulga O. V., Sybiryakova Ye. S., Kaliuzhnyi M. P., Bushuev F. I., Kulichenko M. O. (2017). Low-tech Highly Efficient Radiotechnical Solutions for Meteors and Satellite Observations. *Sci. innov.*, **13**, № 1, 65—68.
71. Zhilyaev B. E., Reshetnyk V., Petukhov V. N. (2018). On reconstruction of astronomical images in observations through turbulent atmosphere. *Bulgarian Astron. J.*, **29**, 67—73.
72. Zhilyaev B. E., Steklov A. F., Vidmachenko A. P., Verliuk I. A. (2020). Rarefaction waves in meteor traces (2020) 51st Lunar and Planetary Science Conference, held 16—20 March, 2020 at The Woodlands, Texas. LPI Contribution № 2326, id.1098.
73. Zhilyaev B. E., Vidmachenko A. P., Steklov A. F. (2020). Physical characteristics of space invasion. *Astron. School's Report*, **16**, № 2, 43—47.
74. Zhilyaev B. E., Vidmachenko A. P., Steklov A. F. (2019). Meteor with interesting characteristics from the 2001 Leonids meteor shower. 52nd Lunar and Planetary Science Conference, held virtually, 15—19 March, 2021. LPI Contribution. № 2548. id.1067.
75. Zhilyaev B. E., Vidmachenko A. P., Steklov A. F., Pokhvala S. M., Verlyuk I. A. (2020). The physics of space intrusions. I. Features of the trajectories. *Astron. School's Report*, **16**, № 1, 8—15.
76. Zhilyaev B. E., Vidmachenko A. P., Steklov A. F., Pokhvala S. M., Verlyuk I. A. (2020). The physics of space intrusions. I. Features of the trajectories. *Astron. School's Report*, **16**, № 1, 8—15.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2022

Після доопрацювання 24.05.2022

Прийнято до друку 24.05.2022

Received 13.04.2022

Revised 24.05.2022

Accepted 24.05.2022

A. V. Golubaev¹, Head of Chuguev Observ. Station, Senior Researcher, Ph.D. in Phys&Math

E-mail: Alexandr_sky1@ukr.net

Yu. M. Gorbanev², Senior Researcher, Ph.D. in Phys&Math

E-mail: skydust@ukr.net

O. V. Shulga³, Director, Senior Researcher, Dr. Sci. in Phys&Math.

shulga-av@ukr.net

O. A. Andreev⁴, Director

E-mail: oa_andreev@ukr.net

F. I. Bushuev³, Researcher

E-mail: felix.bushuev@ukr.net

A. P. Vidmachenko⁵, Chief Researcher, Dr. Sci. in Phys&Math

E-mail: vida@mao.kiev.ua

B. O. Hrudynin⁶, Dean of the Department of Technological and Professional Education, Docent,

Dr. Sci. in Pedagogic Sciences

E-mail: b.hrudynin@ukr.net

B. E. Zhilyaev⁵, Head of Laboratory, Dr. Sci. in Phys&Math

E-mail: zhilyaev@mao.kiev.ua

M. P. Kaliuzhnyi³, Head of Department, Ph.D. in Phys&Math.

E-mail: nikalyuzhny@ukr.net

P. M. Kozak⁷, Senior Researcher, Ph.D. in Phys&Math

E-mail: kpm@knu.ua

M. O. Kulichenko³, Head of Department, Ph.D. in Phys&Math.

E-mail: niiko4kulichenko@gmail.com

Ye. V. Malynovskyi⁴, Head of Department of Natural Sciences and Mathematics, master

E-mail: malinovskyyeugeniy@gmail.com

A. M. Mozgova⁷, Junior Researcher, Ph.D. in Phys&Math

E-mail: alenamozgova@ukr.net

S. G. Savchuk⁸, Professor, Dr. Sci. in Tech

E-mail: ssavchuk@polynet.lviv.ua

A. F. Steklov⁵, Senior Researcher, Ph.D. in Phys&Math

E-mail: stec36@i.ua

Yu. P. Sumaruk^{9, 10}, Leading Researcher, Dr. Sci. in Phys&Math

E-mail: yurisumaruk@gmail.com

L. M. Yankiv-Vitkovska⁸, Docent, Ph.D. in Phys&Math

E-mail: luba_y@ukr.net

¹ Institute of Astronomy of V. N. Karazin Kharkiv National University

4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022 Ukraine

² Research Institute «Astronomical Observatory», Odesa National I. I. Mechnikov University

1v Marazliyivska Str., Odesa, 65014 Ukraine

³ Research Institute «Mykolaiv Astronomical Observatory»

1 Observatorna Str., Mykolaiv, 54030 Ukraine

⁴ Rivne Minor Academy of Science of School-Age Youth

17 Simon Petliura Str., Rivne, 33013 Ukraine

⁵ Main astronomical Observatory of National Academy of Sciences of Ukraine

27 Akademik Zabolotny St., Kyiv, 03143 Ukraine

⁶ Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University

24 Kyivo-Moscovska Str., Hlukhiv, 41400 Ukraine

⁷ Astronomical Observatory, Taras Shevchenko National University of Kyiv

3 Observatorna Str., Kyiv, 04053 Ukraine

⁸ Lviv Polytechnic National University

12 Stepan Bandera Str., Lviv, 79013 Ukraine

⁹ Institute of Geophysics by S.I. Subbotin name National Academy of Sciences of Ukraine

32 Palladin av., Kyiv, 03142 Ukraine

¹⁰ National Antarctic Scientific Center of Ukraine

16 Taras Shevchenko boulevard, Kyiv, 01601 Ukraine

CREATION OF UKRAINIAN METEOR OBSERVATION NETWORK: INSTRUMENTS, METHODS FOR PROCESSING, OBSERVATION POSSIBILITIES

The development of meteor astronomy in modern Ukraine is considered. The specificity of meteor observation methods requires, first of all, the organization of a network of corresponding observation points. To achieve this goal, it is proposed to combine the scientific and technical capabilities of participating organizations in the form of the Ukrainian Meteor Observation Network (UMON). UMON is a set of two or more permanent observation stations located on the territory of Ukraine, which have the hardware and software for basic and one-sided observations of meteors in different wavelength ranges and conduct such observations. UMON aims to solve important problems of meteor research, structure and evolution of meteor streams and showers, the interaction of meteoroids with the Earth's atmosphere and their chemical composition. The scientific and technical products of UMON stations are the results of high-precision basic or one-sided observations of meteors in different wavelength ranges, as well as of fundamental and applied scientific and technical research.

Keywords: *meteor, meteor stream, observation network, optical video observations, passive radio observations, meteor catalogues.*