

Висновок. Ми розглянули процедуру пошуку залежностей вигляду (1) астрономічних спостережних величин від різних факторів. Вона базується на багатовимірному статистичному аналізі. На кожному етапі (відбір даних, пошук значущих регресорів, аналіз результатів) вона передбачає певну ітераційну процедуру та контроль із боку користувача. Застосування стандартних статистичних програм може натомість інколи ввести в оману.

Список літератури

1. Parnovsky S. L. Yet another sample of RFGC galaxies / S. L. Parnovsky, A. S. Parnovsky // Astrophysics and Space Science. – 2013. – V. 343. – P. 747–754.
2. Fisher R. A. Statistical Methods for Research Workers / R. A. Fisher. – London : Oliver and Boyd, 1954.
3. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ / Дж. Себер // М. : Мир, 1980. – 456 с.
4. Худсон Д. Статистика для физиков / Д. Худсон // М. : Мир, 1970; Hudson D. J. Statistics Lectures on Elementary Statistics and Probability / D. J. Hudson. – Geneva : CERN, 1964.
5. Numerical Recipes. The Art of Scientific Computing / W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery. – 1st edition. – Cambridge University Press, 1986.
6. Parnovsky S. L. Influence of measurement errors on the cosmological deceleration parameter obtained from the semirelativistic model of collective galactic motion / S. L. Parnovsky, A. S. Parnovsky // Journal of Physical Studies. – 2010. – V. 14, № 3. – 3901.
7. Parnovsky S. Compact star-forming galaxies: the fraction of thermal emission in the radio continuum at 1.4 GHz / S. Parnovsky, I. Izotova // Вісник Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Астрономія. – 2018. – V. 57(1). – P. 41–46.

Надійшла до редколегії 18.10.19

С. Парновский, д-р физ.-мат. наук,
Астрономическая обсерватория
Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Анализируются проблемы, возникающие при корректной статистической обработке астрономических данных и поиске линейных статистических зависимостей. Показано, что применение стандартных статистических программ может дать неверные результаты. Предложена процедура обработки, охватывающая все этапы: создание выборки, отбрасывание промахов, поиск статистически значимых регрессоров, установление многопараметрических зависимостей, основанная на многолетнем опыте.

S. Parnovsky, Dr.Sci.,
Astronomical Observatory,
Taras Shevchenko National University of Kyiv

SOME PROBLEMS IN THE STATISTICAL PROCESSING OF ASTRONOMIC DATA

The problems that could arise with a correct statistical processing of astronomical data and a search for linear statistical dependences are analyzed. It has been shown that the use of standard statistical software can yield incorrect results. The iterative procedure of processing based on multi-year experience is proposed. It covers all stages: creation of sampling, discarding of outliers, search for statistically significant regressors, excluding insignificant regressors, finding out multiparametric dependencies and their analysis, etc. This paper is a methodological one and is it describes some potential traps in the statistical processing of observational data.

We forewarn against some actions that may lead to data selection or to incorrect conclusions about the influence of some factors on the quantity being studied. Some examples of problems associated with data selection, correlation between regressors, Malmquist bias and correction are given.

УДК 523.682.2, 523.683, 523.68-36, 681.785.55

О. Голубасв, канд. фіз.-мат. наук,
Науково-дослідний інститут астрономії
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Харків,
А. Мозгова, канд. фіз.-мат. наук,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ МЕТЕОРНИХ ЯВИЩ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВІДЕОСПЕКТРАЛЬНОГО МЕТЕОРНОГО ПАТРУЛЯ ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

У 2018 році було розроблено і сконструйовано спостережний комплекс (автоматизований відеоспектральний метеорний патруль (АВСМП)) у НДІ астрономії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна для отримання кінематичних і фізичних характеристик метеорних тіл та їхніх спектрів. Проведено тестування камер у режимі астрономічних спостережень із метою виявити технічні можливості пристрою. У даній роботі представлено деякі перші результати спостережень, виконаних за допомогою АВСМП. Створений спостережний комплекс призначений розширити матеріальну, наукову, а також навчально-наукову бази НДІ астрономії. Він використовується у навчальному процесі на кафедрі астрономії та космічної інформатики ХНУ імені В. Н. Каразіна під час проведення практичних і лабораторних занять, виконання бакалаврських і магістерських робіт та розробки новітніх методик дистанційного дослідження астрономічних об'єктів Сонячної системи.

У серпні 2019 року виконано перші базисні спостереження метеорного потоку Персеїди за допомогою АВСМП. На Чугуївській спостережній станції НДІ астрономії, де розташовано комплекс, зафіксовано 225 відео фрагментів з метеорами в інтегральному світлі та 98 відео зі спектрами метеорів. У Харкові на допоміжну відеокамеру отримано 132 відео з метеорами в інтегральному світлі. Серед отриманого спостережного відеоматеріалу 98 метеорів, зафіксованих у інтегральному світлі, є базисними, ще 40 відео фрагментів зі спектрами метеорів мають відповідні базисні спостереження в інтегральному світлі.

Ключові слова: метеорний патруль, метеор, метеороїд, спектр метеора, хімічний склад метеороїдів.

Вступ. 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. Проте ці методи дають додатково багато нових та унікальних наукових можливостей. Так, метеоро-

їди, що створюють метеори під час руху в земній атмосфері, знаходяться в інтервалі мас $10^{-3} < m < 10^6$ кг і є фрагментами комет та астероїдів. Такі тіла зазвичай знищуються при взаємодії з атмосферою. Такі процеси та явища, породжені ними, важко зафіксувати. Для виконання такого завдання важливими є наукові та технічні методи, що застосовуються в метеорній астрономії. Завдяки їм можна отримати дані про міжпланетну речовину, яка потрапляє в атмосферу Землі, що дозволять краще зрозуміти її природу. Наприклад, спектри метеорів дають нам інформацію про умови збудження, світіння та іонізацію метеорної плазми, температуру, процеси абляції (тобто руйнування метеорного тіла), фізико-хімічні процеси, що відбуваються під час метеорних явищ в атмосфері Землі, маси метеороїдів, причини і характер перебігу спалахів, якісний та кількісний хімічний склад метеорного тіла і концентрацію елементів у метеороїдах, а отже, і про тугоплавку складову ядер комет і астероїдів [1].

Особливість астрономічних спостережень метеорів полягає в тому, що ніколи не відомі наперед час і місце появи метеора на небесній сфері. Крім того, метеори в атмосфері спостерігаються протягом секунд і менше (яскраві метеори – боліди – спостерігаються протягом десятків секунд). Це висуває до апаратури та методики спостережень особливі вимоги, яких намагалися дотримувати в практиці метеорних досліджень. З появою нових технологій апаратура та методи спостережень модифікувалися. Ще на перших кроках становлення спостережних методів метеорної астрономії стали практикувати метеорне патрулювання, яке полягає в тому, що панорамна апаратура постійно готова до приймання сигналу з деякої області небесної сфери для фіксації метеора. Фіксація метеорного спектра є складнішим завданням із технічного погляду. Потрібні високочутливі камери, якісні дисперсійні елементи та тривалий час спостережень за якомога більшими ділянками неба, тому кожен метеорний спектр становить велику наукову цінність. Нові можливості у метеорній астрономії відкриває застосування сучасних світлочутливих приймачів на основі КМОН-технологій (англ. CMOS, Complementary Metal-Oxide-Semiconductor). В останні роки широке застосування відеосистем і радіолокації спричинило створення великих баз даних метеорів, зокрема за рівнями активності, абсолютної яскравості й орбітальної інформації. Застосування фотографічних емульсій (у 1897 році Пікерінгом у Гарвардській обсерваторії) зумовило революційний прогрес у всіх аспектах дослідження метеорів, включаючи метеорні спектральні дослідження. Але з того часу, незважаючи на фіксацію багатьох мільйонів метеорних явищ, усе-таки дуже мало було зібрано спектральних даних для метеорів різноманітних потоків і спорадичного фону. У сучасній Україні спектральні спостереження метеорів у наукових установах взагалі не проводяться [2].

У НДІ астрономії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна у 2018 році створений автоматизований відеоспектральний метеорний патруль (рис. 1) із застосуванням CCTV-відеокамер, що працюють на основі КМОН технологій. До створення АВСМП спонукав аналіз стану розвитку в сучасній Україні такої області астрономії як метеорна астрономія. Цей аналіз показав, на жаль, низьку популярність метеорної астрономії в Україні, хоча в науковому середовищі інших країн даний напрям астрономії активно розвивається. Однією із причин такого стану є відсутність спостережних приладів для комплексного вивчення метеорних явищ.

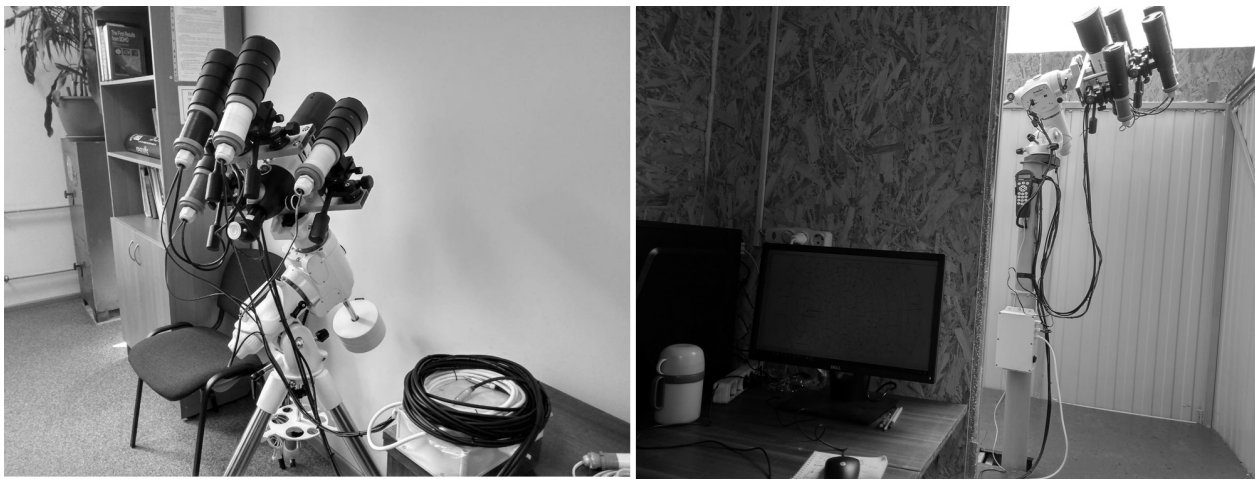


Рис. 1. Автоматизований відеоспектральний метеорний патруль, установлений на території Чугуївської спостережної станції НДІ астрономії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Апаратна та програмна складові метеорного патруля. З метою комплексного вивчення метеорних явищ були організовані два пункти спостережень. Перший пункт розташований у Харкові на території НДІ астрономії, другий – на території Чугуївської спостережної станції НДІ астрономії. Одночасні спостереження того самого метеорного явища із двох або більше пунктів дають змогу визначити всі основні кінематичні параметри метеороїда (лінійну висоту, швидкість, елементи геліоцентричної орбіти та ін.) [3]. Геодезичні координати пунктів спостережень визначалися за допомогою GPS-навігаторів "Харків" ($50^{\circ}0'9.94''$ N, $36^{\circ}13'48.67''$ E), висота місця над рівнем моря 141 м; "Чугуївська спостережна станція" ($49^{\circ}38'28.61''$ N, $36^{\circ}56'8.62''$ E), висота місця над рівнем моря 154 м. Відстань між пунктами спостережень становить 64.76 км (рис. 2). Цього достатньо для надійного отримання кінематичних параметрів та елементів геліоцентричної орбіти метеорних частинок.

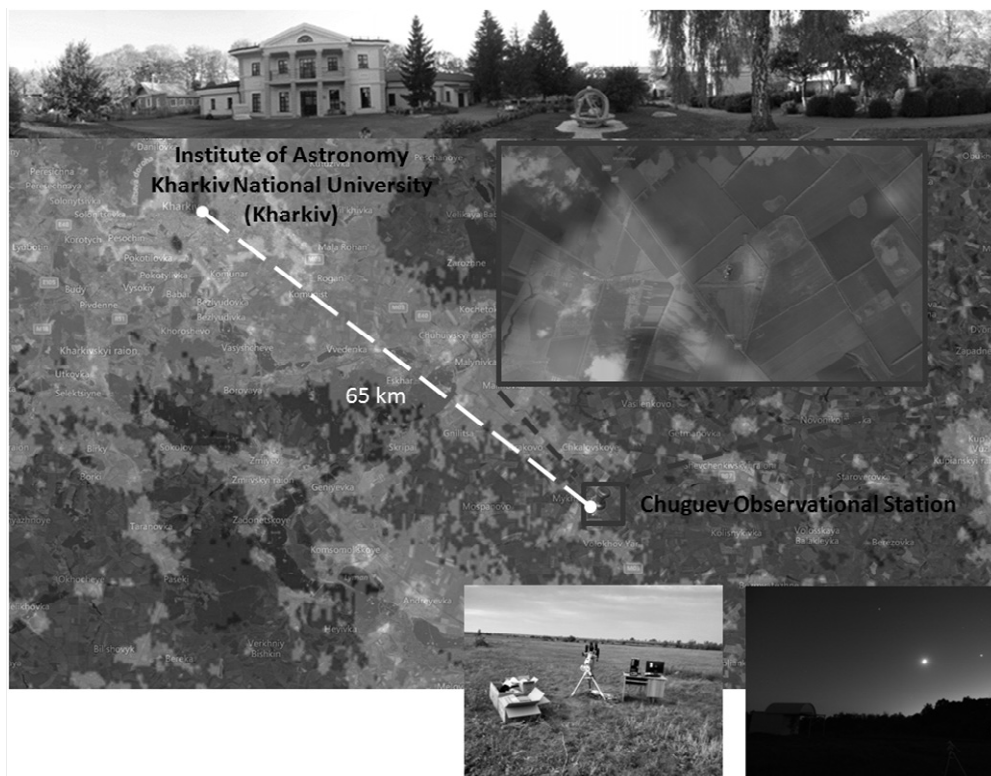


Рис. 2. Розташування базисних пунктів спостережень метеорів на території Чугуївської спостережної станції НДІ астрономії та в Харкові на території НДІ астрономії. Відтінками кольору показане світлове забруднення

На Чугуївській спостережній станції метеорний патруль обладнаний двома CCTV-камерами, одна з яких оснащена дифракційною ґраткою 500 ліній/мм для спектральних спостережень. Як приймачі випромінювання використовуються CCTV-камери фірми Watec (Японія): WAT-902H2 ULTIMATE із часовою роздільною здатністю 20 мс. Час формування одного повного кадру становить 40 мс з точністю не гірше 0.1 мс. 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 відношенні сигнал/шум більше 46 дБ). Роздільна здатність відеокамери більше 570 телевізійних ліній, відношення сигнал/шум більше 46 дБ. Під час спостережень автоматичне регулювання підсилення яскравості було вимкнене. Для перетворення аналогового сигналу з камери на цифровий застосовується телевізійний тюнер із восьмирозрядним аналого-цифровим перетворювачем.

Як програмне забезпечення для захоплення відеозображення використовується автоматичний реєстратор метеорів UFOCapture (SonotaCo, [4]). Часова прив'язка метеорних патрулів здійснюється за допомогою GPS-приймачів. Усі астрокамери оснащені варіофокальними об'єктивами Tamron 12VM1040 ASIR ($F=10$ мм, відносний отвір $F/1.4$), які забезпечують поля зору $34.4^\circ \times 25.8^\circ$ кожен. Розмір одиничного пікселя повного кадру в кутовій мірі становить $2.65'$. Оптичні прилади встановлені на екваторіальному монтуванні Sky-Watcher EQ6-R і працюють у автоматичному режимі. Запис зображення під час спостережень може проводитись із увімкненим або вимкненим приводом екваторіального монтування. Телевізійне зображення має розмір 576×768 пікселів і складається із двох послідовних півкадрів (полів): парних рядків (парний півкадр) і непарних рядків (непарний півкадр). Парний і непарний півкадри зображення формуються за кожні 20 мс. Оскільки перша частина зображення метеорного штриха отримана в парних рядках, то друга в непарних, а разом з тим за час зчитування метеор зміщується, тому зображення має смугастий вигляд. Таким чином, відокремивши парні й непарні півкадри за допомогою програмного забезпечення, можна одержати зображення метеора й післясвітіння з часовою роздільною здатністю 20 мс.

Для кожного інструмента створена динамічна база даних, що безупинно поповнюється під час первинної обробки нових спостережень. Після ночі метеорного патрулювання в базу даних надходять відеофільми, що складаються із 50 кадрів до і після метеора та кадрів із зображенням самого метеора. Для обробки спостережного матеріалу створений пакет програмного забезпечення. Методика позиційних вимірювань телевізійних зображень метеорів детально описана в [3].

Результати тестування спостережного комплексу. Метеорний патруль призначено для фіксування метеорів, які перебувають у полі зору частки секунди. Визначення кінематичних, динамічних, фотометричних і спектральних характеристик таких короткотривалих астрономічних явищ висуває до приймальної апаратури особливі вимоги. Ці вимоги потребують низки експериментів для детального вивчення характеристик приймальної апаратури. Тому проведено тестування створеного пристрою в режимі астрономічних спостережень протягом 7 ночей (із 6 вересня по 7 жовтня 2018 року). У результаті таких спостережень зафіксовано 119 метеорів та 44 метеорних явищ на камеру, оснащену дифракційною ґраткою 500 ліній/мм (небазисні спостереження). 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 $+4.0^m$.

Для визначення оберненої лінійної дисперсії у спектрі, отриманому камерою, оснащеною дифракційною ґраткою, використовувалась неонтова (Ne) лампа. У результаті отримано зображення перших двох порядків спектра Ne. Після перетворення зображення отриманого сигналу на цифрове було проведено ототожнення спектральних ліній відповідно до каталогів [5–8]. Деякі з цих ліній були прийняті як опорні для визначення оберненої лінійної дисперсії у кожному порядку спектра. Обробка отриманого зображення спектра Ne показала, що обернена лінійна дисперсія у першому порядку спектра становить 16 Å/піксель, у другому – 7.6 Å/піксель. Спектральна чутливість відеоспектрального комплексу лежить у діапазоні довжин хвиль від 3500 до 8000 Å, а максимальне значення спектральної чутливості оптичної системи припадає на ~7000 Å.

Для обробки метеорних спектрів необхідно заздалегідь провести калібрування спостережної апаратури. Важливим етапом обробки зображень спектрів метеорів є віднімання фону. Відеоапаратура реєструє не лише метеорний спектр, але й інші джерела світла, такі як фон неба, випромінювання зір і світлове забруднення від різних джерел. Більшість із перерахованого не змінюється швидко і може бути обчислено перед подальшою обробкою спектрів. Фонове зображення отримується шляхом усереднення деякої кількості зображень без метеора. Для цього можуть бути використані перші зображення відео до появи метеора. У нашому випадку це становить приблизно 50 перших кадрів (при частоті 25 кадрів за секунду) перед появою метеора. Усереднення такої кількості зображень зменшує статистичний шум. Далі фонове зображення віднімається від інших зображень, що містять спектри метеорів.

Як зазначалося раніше, у конструкції метеорного патруля використовується об'єктив із широким полем зору, що призводить до виникнення значної дисторсії (ортографічного спотворення) у межах поля зору, особливо на краях зображення. Лінеаризацію зображення можна здійснити, застосовуючи математичний апарат, визначаючи коефіцієнти дисторсії. Під час визначення інтенсивності ліній спектра необхідно враховувати він'єтування та нерівномірність чутливості відеокамери в межах поля зору. Для цього під час астрономічних спостережень отримують зображення рівномірно засвіченого поля (флет-зображення, англ. Flat). Калібрування такого фотометричного спотворення здійснюється шляхом отримання коефіцієнтів під час попиксельного ділення вихідного зображення з метеором чи його спектром на флет-зображення.

Відеоспектральна апаратура характеризується відносною спектральною чутливістю, яку треба врахувати при визначенні відносної та абсолютної інтенсивності спектральних ліній. Для цього необхідно отримати спектр еталонного джерела випромінювання, у якого відомий розподіл енергії у спектрі. Такими стандартами можуть бути астрономічні об'єкти, такі як Сонце або яскраві планети (Юпітер, Венера), і деякі яскраві зорі (напр. Vega). Нормування метеорного спектра здійснюється шляхом ділення спектра метеора на спектр порівняння. Далі знайдену функцію спектральної чутливості використовують для калібрування інтенсивностей емісійних ліній у спектрі метеора. У метеорній спектроскопії абсолютна інтенсивність спектральних ліній зазвичай виражається в $\text{erg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{\AA}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Після отримання скану метеорного спектра та його калібрування за переліченими спотвореннями здійснюється детальна ідентифікація спектральних ліній, виконується пошук нових емісійних ліній, визначаються їхні інтенсивності, розраховуються фізичні параметри метеорних тіл та ін. Для ототожнення хімічного складу метеороїдів у спектрах спостережених метеорів було розроблено програмне забезпечення "Video Meteor Spectr", яке автоматизує цей процес і дає змогу обробляти великі обсяги даних. На рис. 3 показано один із кадрів, що містить зображення першого порядку метеорного спектра, отриманого у ніч із 6 на 7 жовтня 2018 року. За допомогою програмного забезпечення "Video Meteor Spectr" проведено ототожнення деяких найбільш яскравих емісійних ліній у спектрі метеора. Вони належать атомам та іонам магнію (Mg I, Mg II), заліза (Fe I), натрію (Na I), кальцію (Ca I), кремнію (Si II) та ін. У червоній ділянці спектра (більше 700 нм) спостерігаються емісійні лінії азоту (N I) та кисню (O I), що належать земній атмосфері. Такий результат якісно збігається із результатами спектральних досліджень метеорів інших провідних спеціалістів [1]. Це свідчить про можливість застосування розробленої методики вимірювань і обчислень та створеного на її основі програмного забезпечення для відносної спектrophотометрії й ототожнення емісійних ліній у відеоспектрах метеорів, спостережених за допомогою відеоспектрального метеорного патруля. Надалі програмне забезпечення буде вдосконалюватися із метою проведення абсолютної спектrophотометрії ототожнених емісійних ліній для подальшого кількісного аналізу (визначення концентрації хімічних елементів, температури метеорної плазми та ін.).

Результати спостережень метеорного потоку Персеїди у серпні 2019 року. Перші базисні спостереження метеорних явищ за допомогою нового відеоспектрального комплексу були проведені під час метеорного потоку Персеїди у серпні 2019 року. На Чугуївській спостережній станції НДІ астрономії, де розташовано комплекс, зафіксовано 225 відео фрагментів із метеорами в інтегральному світлі та 98 відео зі спектрами метеорів. У Харкові на допоміжну відеокамеру отримано 132 відео з метеорами в інтегральному світлі. Серед отриманого спостережного відеоматеріалу 98 метеорів, зафіксованих в інтегральному світлі, є базисними, ще 40 відео фрагментів зі спектрами метеорів мають відповідні базисні спостереження в інтегральному світлі. Деякі з отриманих метеорних спектрів є яскравими (рис. 4).

Під час спостережень Місяць був близький до повної фази, що є причиною дещо вищого фону на зображеннях із метеорами та їхніми спектрами. У Харкові, крім цього, несприятливим є світлове забруднення, але, як показує статистика, це майже не вплинуло на фіксування базисних метеорів. Погодні умови сприяли спостереженням.

На рис. 4 як приклад показано спектр метеора, що належав до потоку Персеїди, зафіксованого автоматизованим відеоспектральним метеорним патрулем 14 серпня 2019 року. Візуально метеор був яскравий, зі спалахом, а після явища спостерігався (протягом кількох секунд) білий слід. Нижче наведена спектрограма даного метеорного спектра без калібрування інтенсивностей спектральних ліній. На спектрограмі спостерігаються спектральні лінії атомів натрію, магнію, заліза, кальцію, атмосферного кисню, азоту та інших хімічних елементів.

Позиційна та спектрометрична обробка спостереженого матеріалу триває.

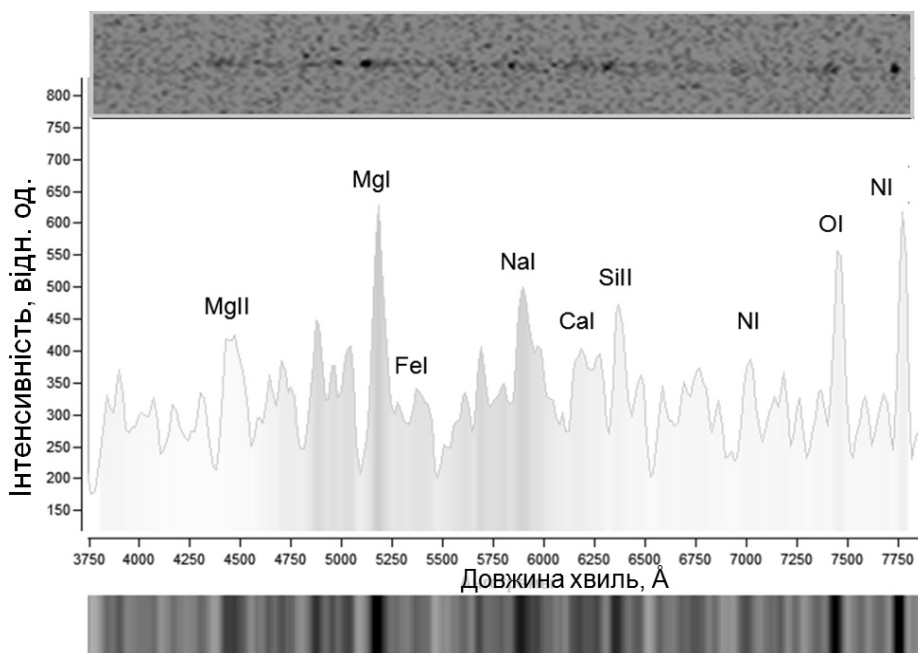


Рис. 3. Обернене зображення метеорного спектра (зверху показано 1 кадр відео), отриманого в ніч із 6 на 7 жовтня 2018 року, та спектрограма метеора з деякими ототожненими емісіями без калібрування інтенсивностей спектральних ліній. Знизу показаний синтетичний спектр

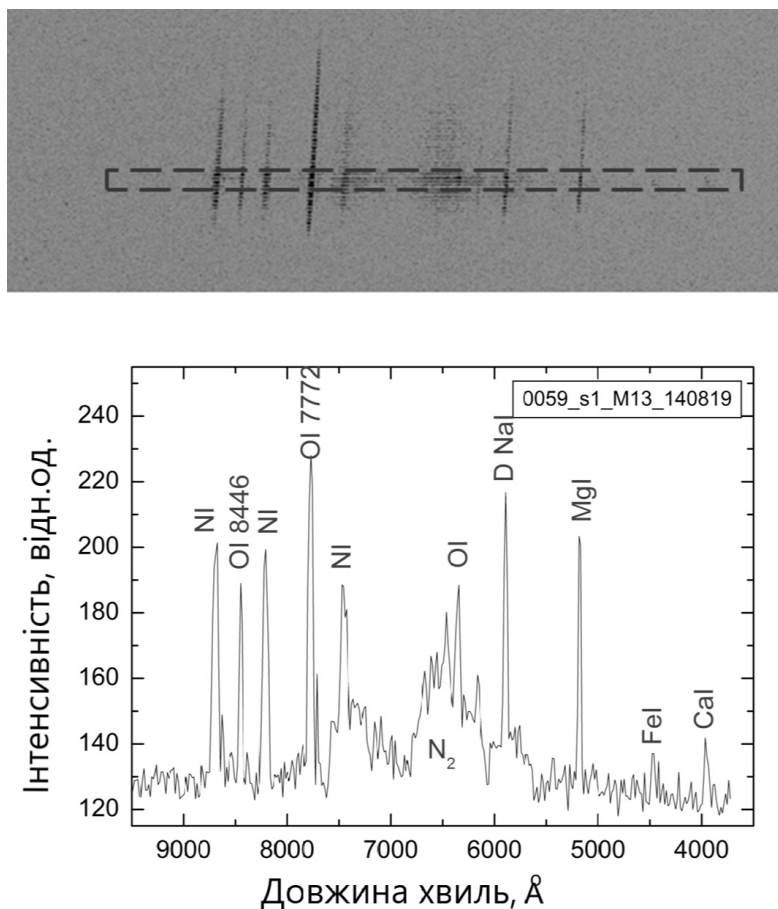


Рис. 4. Приклад спектра метеора під час спалаху блиску, що належав до потоку Персеїди, зафіксованого автоматизованим відеоспектральним метеорним патрулем 14 серпня 2019 року. Зверху показано інтегральне зображення кадрів зі спектром. На спектрограмі спостерігаються спектральні лінії атомів натрію, магнію, заліза, кальцію, атмосферного кисню, азоту та інших хімічних елементів під час спалаху блиску

Висновки

У 2018 році було розроблено і сконструйовано спостережний комплекс (автоматизований відеоспектральний метеорний патруль), що належить НДІ астрономії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, для отримання кінематичних і фізичних характеристик метеорних тіл та визначення їхнього хімічного складу. Проведено тестування в режимі астрономічних спостережень із метою виявити технічні можливості пристрою.

У серпні 2019 року було проведено перші базисні спостереження метеорного потоку Персеїди за допомогою нового відеоспектрального комплексу. На Чугуївській спостережній станції НДІ астрономії, де розташовано комплекс, зафіксовано 225 відео фрагментів із метеорами в інтегральному світлі та 98 відео зі спектрами метеорів. У Харкові на допоміжну відеокамеру отримано 132 відео з метеорами в інтегральному світлі. Серед отриманого спостережного відеоматеріалу 98 метеорів, зафіксованих в інтегральному світлі, є базисними, ще 40 відео фрагментів зі спектрами метеорів мають відповідні базисні спостереження в інтегральному світлі.

Таким чином, результати перших тестових спостережень, виконаних за допомогою створеного автоматичного відеоспектрального метеорного комплексу, підтверджують можливість використання даного приладу для проведення подальших базисних позиційних і спектральних спостережень метеорів. Надалі авторами планується вдосконалення метеорного патруля та розширення на його основі метеорної мережі в Україні.

Список використаних джерел

1. Mozgova A. M. "Rechovynnyi sklad vybranykh meteoriv za dystantsiynymy spektralnymy sposterezhenniamy" / A. M. Mozgova // Dysertatsiia na zdobuttia naukovooho stupenia kand. fiz.-mat. nauk za spetsialnistiu 05.07.12 "Dystantsiini aerokosmichni doslidzhennia" (104 – Fizyka ta astronomiia). – Natsionalnyi aviatsiynnyi universytet, Kyiv, 2018 (opublikovano na сайті http://svrada.nau.edu.ua/2018.12.07_Mozgova/).
2. Ukrainskaia meteornaia optycheskaia set / Yu. M. Gorbaney, E. F. Kniashkova, A. V. Shulga et al. // Radyotekhnika. – 2016. – № 185. – P. 5–8.
3. Golubaev O. V. "Kinematychni ta fizychni kharakterystyky meteornykh til z radiantamy poblyzu Sontsia za danymy nazemnykh televiziynykh sposterezen" / O. V. Golubaev // Dysertatsiia na zdobuttia naukovooho stupenia kand. fiz.-mat. nauk za spetsialnistiu 05.07.12 "Dystantsiini aerokosmichni doslidzhennia" (104 – Fizyka ta astronomiia). – Natsionalnyi aviatsiynnyi universytet, Kyiv, 2017 (opublikovano na сайті http://svrada.nau.edu.ua/2017.06.27_Golubaev/).
4. Elektronnyi resurs // SonotaCo. Available: <http://sonotaco.jp>
5. Moore C. E. Atomic Energy Levels / C. E. Moore. – NBS Circ.U.S. Government Printing Office, Washington, 1958. – № 467.
6. Wise W. L. Atomic Transition Probabilities / W. L. Wise, M. W. Smith, B. A. Milas. – Washington : NSRDS – NBS, 1966, 1969.
7. Tablytsy spektralnykh lyny / A. N. Zaidel, V. K. Prokofev, S. M. Raiskyi et al. – 4-e yzd. – M. : Nauka, 1977. – 803 c.
8. Elektronnyi resurs // Kramida A., Ralchenko Yu., Reader J. and NIST ASD Team (2018). NIST Atomic Spectra Database (ver. 5.5.2). Available: <https://physics.nist.gov/asd> [2018, March 14]. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

Надійшла до редколегії 01.11.19

A. Голубаев, канд. физ.-мат. наук,
НИИ астрономии Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина, Харьков,
A. Мозговая, канд. физ.-мат. наук,
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТЕОРНЫХ ЯВЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВИДЕОСПЕКТРАЛЬНОГО МЕТЕОРНОГО ПАТРУЛЯ ХАРЬКОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ В. Н. КАРАЗИНА

В 2018 году был разработан и сконструирован наблюдательный комплекс (автоматизированный видеоспектральный метеорный патруль (АВСМП)) в НИИ астрономии Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина для получения кинематических и физических характеристик метеорных тел и их спектров. Проведено тестирование камер в режиме астрономических наблюдений с целью определить технические возможности устройства. В данной работе представлены некоторые первые результаты наблюдений, выполненных с помощью АВСМП. Созданный наблюдательный комплекс предназначен расширить материальную, научную, а также учебно-научную базы НИИ астрономии. Он будет использоваться в учебном процессе на кафедре астрономии и космической информатики ХНУ имени В. Н. Каразина во время проведения практических и лабораторных занятий, выполнения бакалаврских и магистерских работ и разработки новых методик дистанционного исследования астрономических объектов Солнечной системы.

В августе 2019 года выполнены первые базисные наблюдения метеорного потока Персеиды с помощью АВСМП. На Чугуевской наблюдательной станции НИИ астрономии, где расположен комплекс, зафиксировано 225 видео фрагментов с метеорами в интегральном свете и 98 видео со спектрами метеоров. В Харькове на вспомогательную видеокамеру получено 132 видео с метеорами в интегральном свете. Среди полученного наблюдательного видеоматериала 98 метеоров, зафиксированных в интегральном свете, являются базисными, еще 40 видео фрагментов со спектрами метеоров имеют соответствующие базисные наблюдения в интегральном свете.

Ключевые слова: метеорный патруль, метеор, метеороид, спектр метеора, химический состав метеороидов.

A. Golubaev, Ph.D. in Phys. and Math. Sci.,
Institute of Astronomy, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv,
A. Mozgova, Ph.D. in Phys. and Math. Sci.,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

THE FIRST RESULTS OF METEOR PHENOMENA OBSERVATIONS USING AUTOMATED VIDEO-SPECTRAL METEOR PATROL OF V. N. KARAZIN KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY

In 2018, an observation complex (automatic video-spectral meteor patrol (AVSMP)) was designed and constructed at the Institute of Astronomy, V.N. Karazin Kharkiv National University, for obtaining kinematic and physical characteristics of meteor bodies and their spectra. Cameras were tested in astronomical observations made with the aim to identify the technical capabilities of the device. This paper presents some of the first results of observations conducted with the help of AVSMP. The created observation complex is intended to expand the material, scientific, as well as educational and scientific base of the Institute of Astronomy. It will be used in the educational process at the Department of Astronomy and Space Informatics of V.N. Karazin KhNU, during practical and laboratory classes, performing bachelor's and master's works and developing the newest methods of remote sensing of astronomical objects of the Solar system.

In August 2019, the first baseline observations of Perseid's meteor shower were conducted using AVSMP. At Chuguev observational station of the Institute of Astronomy, where the complex is located, 225 video fragments with meteors in integral light and 98 videos with spectra of meteors were recorded. In Kharkiv, 132 video fragments with meteors in integral light were recorded by the secondary video camera. Of the obtained observation footage, 98 meteors recorded in the integral light are basic, and another 40 video fragments with spectra of meteors have corresponding basic observations in the integral light.

Keywords: meteor patrol, meteor, meteoroid, meteor spectrum, chemical composition of meteoroids.