

18. The LOFAR Two-metre Sky Survey. II. First data release / T. W. Shimwell, C. Tasse, M. J. Hardcastle et al. // *Astron. Astrophys.*, 2019.– Vol. 622.– A1, 21 pp.
19. Ochsnein F. The VizieR database of astronomical catalogues / F. Ochsnein, P. Bauer, J. Marout // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 2000.– Vol. 143. – P. 23–32.
20. The GB6 catalog of radio sources / P. C. Gregory, W. K. Scott, K. Douglas et al. // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1996.– Vol. 103. – P. 427–432.
21. Gregory P. C. The 87GB catalog of radio sources covering delta between O and+ 75 deg at 4.85 GHz / P. C. Gregory, J. J. Condon // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1991. – Vol. 75. – P. 1011–1291.
22. Becker R. H. A new catalog of 53522 4.85GHz sources / R. H. Becker, R. White, A. L. Edwards // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1991.– Vol. 75. – P. 1–229.
23. A Cosmic Lens All-Sky Survey – I. Source selections and observations / S. T. Myers, N. J. Jackson, I. W. A. Browne et al. // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2003. – Vol. 341. – P. 1–12.
24. The Texas Survey of Radio Sources Covering –35.5 degrees <declination>71.5 degrees at 365 MHz / J. N. Douglas, F. N. Bash, F. A. Bozyan et al. // *Astron. J.*, 1996. – Vol. 111. – P. 1945–1963.
25. Остатки вспышек сверхновых / Т. А. Лозинская и др. // *Физика космоса : кол. моногр. – М. : Советская энциклопедия, 1986. – С. 469–473.*
26. Izotova I. Y. Compact galaxies with active star formation from the SDSS DR14: star formation rates derived from combinations of luminosities in different wavelength ranges / I. Y. Izotova, Y. I. Izotov // *Kinem. Fiz. Neb. Tel. 2021. – 37(2). – P. 1–16.*
27. Kimball A. E. A unified Catalog of Radio Objects Detected by NVSS, FIRST, WENSS, GB6 and SDSS / A. E. Kimball, Ž. Ivezić // *Astron. J.*, 2008.– Vol. 136, Issue 2. – P. 684–712.

Надійшла до редколегії 15.02.21

С. Парновский, д-р физ.-мат. наук, проф.,
И. Изотова, канд. физ.-мат. наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

СПЕКТРАЛЬНИЙ ІНДЕКС ІЗЛУЧЕННЯ В РАДІОКОНТИНУУМЕ 140 МГц – 1.4 ГГц КОМПАКТНИХ ГАЛАКТИК С АКТИВНИМ ЗВЕЗДОУТВОРЕННЯМ

Проведено отождествлення виборки компактних галактик с активним звездоутворенням с объектами каталогов радиоспостереження. Для галактик с известными потоками излучения в радиоконтинууме на частотах 1.4 ГГц по данным FIRST или NVSS и в диапазоне 120–168 МГц по данным LOFAR, а также в эмиссионных линиях водорода, оценены спектральный индекс, а также спектральный индекс нетеплового излучения для этих частот. Значения полученных спектральных индексов характерны для плоских спектров излучения. Обсуждаются причины получения такого результата.

Ключевые слова: галактики с активным звездообразованием, излучение в радиоконтинууме, тепловое излучение, спектральный индекс.

S. Parnovsky, Dr Hab., Prof.,
I. Izotova, PhD
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

SPECTRAL INDEX IN THE RADIO CONTINUUM 140 MHz–1.4 GHz EMISSION FOR COMPACT STAR-FORMING GALAXIES

The sample of compact star-forming galaxies (CSFGs) has been identified with sources in the catalogues of radio sources. It includes only galaxies with active star formation without objects with spectral signs of active galactic nuclei. For CSFGs with known flux densities in radiokontinuum at frequencies of 1.4 GHz from the FIRST or the NVSS and in the range of 120–168 MHz from the LOFAR, as well as in hydrogen emission lines from the SDSS, the spectral index and the spectral index of non-thermal emission component for these frequencies have been estimated.

Note that obtaining the spectral index of nonthermal emission component is a much more difficult task than determining the spectral index of total emission. It is shown that the approximation by the model dependence using the least squares method can lead to unreliable estimates of the fraction of thermal (free-free) emission. Therefore, the flux densities of the thermal component are derived from the extinction- and aperture corrected fluxes of the H α emission line. This method of estimation without using a fitting is more reliable.

It is shown that the fact that derived spectra in radio range are quite flat is due, in particular, to the influence of selection effects caused by limited sensitivity of radio telescopes. For the same reason, only galaxies with a small fraction of thermal emission were included in the sample. Therefore, the spectral index is not much different from the spectral index of non-thermal emission.

Keywords: star-forming galaxies, continuum radio emission, thermal emission, spectral index.

УДК 523.68

П. Козак, канд. фіз.-мат. наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
С. Старий, канд. фіз.-мат. наук
Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКВАТОРІАЛЬНИХ КООРДИНАТ БОЛІДА ЗА СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ ЗІ СТАЦІОНАРНОЮ МАЛОЧУТЛИВОЮ ПОБУТОВОЮ ОХОРОННОЮ ВІДЕОКАМЕРОЮ

Наведено метод визначення екваторіальних координат яскравого боліда, зареєстрованого 9 серпня 2020 р. у Києві ширококутною малочутливою побутовою охоронною відеокамерою. Через малу чутливість камери в кадрах із болідом не було жодного об'єкта порівняння, а небосхил закрито кроною дерев більше ніж наполовину. Для пошуку об'єктів порівняння з відомими екваторіальними координатами запропоновано використати зображення Місяця та Марса, які систематично попадали в кадр у наступному місяці – вересні. Наведено відповідні формули. Точність визначення екваторіальних координат боліда склала десяти долі градуса при полі зору камери 100°, а кутова довжина його траєкторії – близько 15°. Болід був дуже повільний та, як показали розрахунки, не належав до метеорного потоку Персеїди, який був активний на час спостереження.

Ключові слова: метеори, відеоспостереження метеорів, спостереження з побутовою охоронною камерою, методи опрацювання спостережень метеорів.

Вступ. Яскраві метеори – боліди – відносно рідкісне явище й вони нечасто потрапляють до об'єктива професійної спостережної камери. Однак останнім часом, через розвиток побутової відеотехніки та широке використання відеокамер (як контролю в охоронних системах) суттєво збільшується ймовірність випадкової реєстрації болідів, навіть досить малочутливими приладами. Інший випадок – реєстрація болідів автомобільними відеореєстраторами. Як відомо, саме за допомогою стаціонарних охоронних відеокамер та автомобільних відеореєстраторів було отримано знімки Челябінського боліда 15 лютого 2013 р., що дало змогу обчислити параметри

© Козак П., Старий С., 2020

його траєкторії в атмосфері Землі, елементи геліоцентричної орбіти, а також за фотометричними показниками оцінити його масу й розмір [1]. Як правило, обробка таких знімків суттєво утруднена мінімальною кількістю об'єктів у кадрі, які можна використовувати як опорні у ході визначення координат боліда. Іноді для знаходження азимуту застосовують географічні інтерактивні карти Google Earth або інші, як було зроблено, наприклад у роботі [2]. У цьому випадку використовують штучні чи природні об'єкти, які також розміщені на картах і географічні координати яких відомі. Однак залишається проблема коректного визначення висоти боліда над горизонтом (або зенітної відстані), яка обчислюється значно важче. Одним із варіантів, які спрощують визначення висоти й азимуту, є присутність у кадрі зображення Сонця або Місяця, координати яких на момент пролітання боліда можна знайти з довідників. Тим не менш, іноді трапляються ситуації, де в кадрі з болідом, який конче слід опрацювати, відсутні необхідні об'єкти порівняння. Один із таких випадків, а також метод розв'язання проблеми розглядається в цій роботі.

Результати спостережень. За допомогою стаціонарно встановленої побутової охоронної камери, яка використовувалася для демонстраційно-навчальних шкільних задач, під час дії метеорного потоку Персеїди 2020 р. зареєстровано дуже яскравий болід, блиск якого в максимумі візуально був майже такого ж порядку, як і блиск Місяця у повній фазі. Однак камера була встановлена таким чином, що більша частина неба була закрита кронами дерев, а зображення самого боліда, крім того що воно було на самому краю кадру, було також частково перекрите листям і гілками з крони дерев (рис. 1).

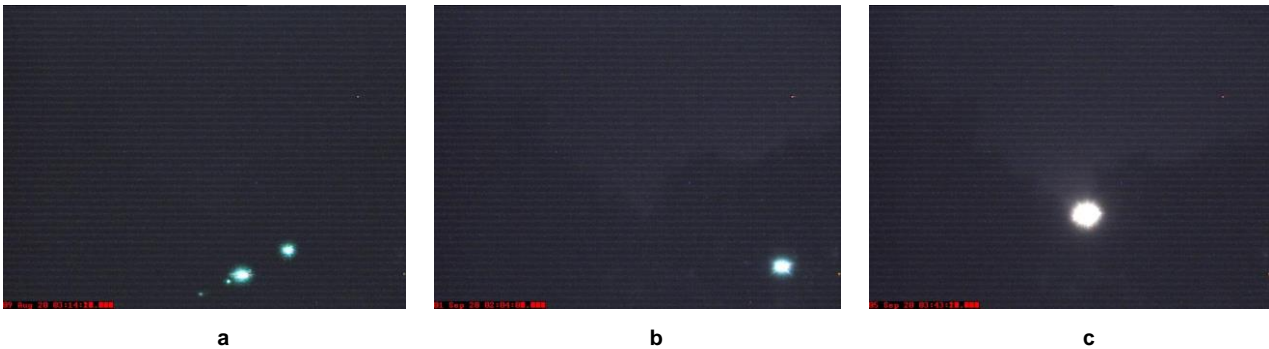


Рис. 1. Зображення боліда 09.08.2020 р. частково закриті кронами дерев: а – комбінований знімок, зображення Місяця на інші дати для порівняння; б – зображення частково закриті кроною дерев в тому ж місці кадру; с – на чистому небосхилі

Болід пролетів над Києвом 09.08.2020 о 03:14 год за київським часом. На рис. 1а бачимо зображення боліда, комбіноване за кількома кадрами – усього болід було видно в сімох кадрах, а рухався він у кадрі справа наліво, та дещо вниз. Як видно з рисунка, болід потрапив у зону кадру, частково закриту кроною дерев. У кадрі повністю відсутні інші об'єкти, крім кількох гарячих пікселів, які початково можна було прийняти за зображення зірок. Положення, орієнтація камери та її технічні характеристики наведено в табл. 1. Як видно з табл. 1, камера є достатньо ширококутною – діагонально поле зору складало близько 100° , камера не була позиціонована в горизонтальній системі координат, а направлена на 30° від напрямку півдня. Крім того, вона була повернута навколо оптичної осі приблизно на 30° . Така нестандартна орієнтація вибрана, очевидно, для захоплення якомога більшої частини чистого неба. Очевидно, що умови спостереження і якість зображення є вкрай незадовільними. Як правило, навіть починати обробку в такому випадку не мало сенсу. Тим більше, через нестандартні опції захоплювача кадру кожен третій кадр дублював попередній, а відтак визначити навіть кутову швидкість було нереально. Тим не менш, теоретично можна було б спробувати визначити площину радіанта (полос великого круга) боліда та порівняти його з положенням радіанта Персеїд, враховуючи те, що метеор був зареєстрований напередодні максимуму активності вказаного метеорного потоку.

Таблиця 1

Позиція, орієнтація та технічні характеристики камери спостереження

Дата прольоту боліда, YYYY:MM:DD	2020.08.09
Час прольоту боліда, UT, H:M:S	0:14:13
Довгота місця камери, λ°	30.530995
Широта місця камери, φ°	50.387962
Висота камери над рівнем моря, h_0 , м	~ 150
Азимут (геодезичний) оптичного центра, A°	~ 210
Висота оптичного центра над горизонтом, H°	~ 45
Погодний захист камери	Під сферичним фотохромним склом
Орієнтація камери відносно горизонту, β°	30, за годинниковою стрілкою
Об'єкти	Yamano
Фокусна відстань об'єктива, F, мм	3,6
D:F	1:2
Камера	IVR-136CH
Розмір матриці (H x V), мм	4,8 x 3,6 (1/3»)
Розмір матриці (H x V), пікселі	640 x 480
Тип розгортки / кадрів за секунду	Черезстрокова / 30

Ситуація радикально змінилася після публікації на інтернет-сервісі YouTube знімка цього боліда, зареєстрованого у м. Вишневе Київської обл. членом Київського астрономічного клубу "Астрополіс" [3]. Болід є

абсолютно унікальним: дуже мала кутова швидкість (у кадрі більше 8 секунд), ефекти дроблення, велика інтенсивність випромінювання, інші особливості у розвитку. Оскільки наведена тут спостережна інформація є єдиною для базисної обробки, або як мінімум, для в'яснення, чи це дійсно болід, чи залишки падаючого супутника, було прийнято рішення про пошук можливостей для обчислення координат цього боліда.

Метод обчислення кутових координат боліда. Для обчислення параметрів траєкторії метеора в атмосфері, розрахунку геліоцентричних елементів його орбіти, побудови кривої блиску та визначення маси метеороїда в Астрономічній обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка використовується оригінальне програмне забезпечення "Falling Star" [4]. Ця програма написана на основі методів астрометричної, кінематичної та фотометричної обробок, розроблених для опрацювання результатів базисних телевізійних спостережень метеорів будь-якого діапазону мас, швидкостей і кутів входження в атмосферу [5–11]. Вхідними параметрами для базисної обробки метеора програмою "Falling Star" є екваторіальні координати – пряме сходження та схилення метеора – та відповідні елементи часу, тому кінцевою задачею цієї обробки має бути обчислення α і δ метеора в кожному кадрі.

Першою ідеєю, яка спадає на думку, є проведення вимірів кутових горизонтальних координат потенційних опорних об'єктів, що наявні в кадрі. Очевидно, за достатньої кількості таких об'єктів можна провести навіть класичну астрометричну обробку з використанням редукційних моделей різних порядків. У випадку незначної кількості таких об'єктів можна було б застосувати наближену обробку з побудовою інтерполяційних спрощених графіків. Далі ці координати можуть бути переведені в екваторіальні. Однак, як видно з відеозапису, ніяких будівель чи інших об'єктів, які мали б розміщуватися на географічних крупномасштабних картах, у кадрі немає. Немає також у кадрі менш значимих віддалених поодиноких веж, стовпів тощо, які відсутні на картах, однак кутові координати яких могли б бути вимірні, наприклад теодолітом. Наявна в кадрі густа "аморфна" маса дерев, які ще й хитаються від вітру, не може використовуватися для визначення горизонтальних координат.

Тим не менш, переглядаючи записи за подальші місяці, та зважаючи на те, що камера встановлена нерухомо та направлена на південь, можна побачити інші атмосферні об'єкти, які з'являються в різних місцях кадру. Їхні координати, зокрема екваторіальні, на заданий момент часу, можуть бути знайдені з опублікованих ефемерид, або з інтернет-ресурсів, як-то різного роду калькулятори, що присутні на сайтах багатьох обсерваторій. Найчастіше в кадрі можна бачити Місяць у вересневих записах, причому в деяких кадрах його зображення розміщене поряд із положенням серпневого боліда (хоча також частково закрите кроною дерев, рис. 1b), а в деяких більш віддалених кадрах – на чистій ділянці небосхилу (рис. 1c), що дозволило б точніше провести внутрішні виміри. Інший об'єкт – Марс, який також видно в багатьох кадрах. Виявилось ще кілька світних об'єктів – спалахуючі супутники, фари літака, які були виключені з подальшого розгляду.

Алгоритм подальших обчислень такий. Вибираємо ряд відеозаписів із найближчого місяця (у нашому випадку це був вересень), де в кадрах наявні Місяць і Марс, і проводимо виміри їхніх внутрішніх координат у кожному k -му кадрі x_k, y_k – вагові центри їх зображень – на момент часу доби UT_k . Через великий розмір пікселя та грубість вимірів точність, очевидно, буде низькою – тому прецесією на різні дати нехтуємо (інакше слід було б усі кутові виміри перевести до стандартної епохи J2000.0. Далі з інтернет-ресурсів беремо відповідні даним моментам часу UT_k екваторіальні координати α_k, δ_k . Слід задавати коректні географічні координати камери, що особливо актуально для Місяця через паралакс. Для пошуку даних ефемерид ми скористалися інтернет-сервісом [12]. Зважаючи на те, що камера нерухома, мінятися із часом (при нехтуванні прецесією) будуть лише часові кути напрямків векторів, для яких зроблено виміри у кадрі, а схилення будуть сталими:

$$t_k = S_k - \alpha_k, \tag{1}$$

де t_k – часовий кут об'єкта на довготі встановлення камери; S_k – зоряний час на довготі λ розміщення камери в момент UT_k (LST); $S_k = S_{Gk} + \lambda$; S_{Gk} – зоряний час на нульовому меридіані (Гринвіцький, GST). У свою чергу, $S_{Gk} = S_{G0k} + (1 + \mu)UT_k$, де S_{G0k} – час у Гринвічі опівночі ($UT_k = 0$). Величини S_{G0k} та μ можуть бути знайдені з довідників, як було зроблено в [7], однак тут ми скористалися інтернет-калькулятором [13]. Далі слід перерахувати всі напрямки на момент пролітання метеора UT_M та виразити їх через другу екваторіальну систему координат:

$$\alpha_k = S_M - t_k, \tag{2}$$

де $S_M = S(UT_M)$. Якщо підставити (1) у (2), то можна побачити, що проміжну першу екваторіальну систему координат можна і не застосовувати, а одразу користуватися парою формул із другої екваторіальної системи координат:

$$\alpha_k(UT_M) = S_M - S_k + \alpha_k(UT_k), \tag{3}$$

$$\delta_k(UT_M) = \delta_k(UT_k). \tag{4}$$

Результати. Для обробки спостережень боліда були вибрані кадри з присутнім у них Місяцем, причому за хорошої якості кадрів використовувалося кілька його положень за ніч. Аналогічно використовували зображення Марса (табл. 2).

Таблиця 2

Використані положення Місяця та Марса як опорних об'єктів

Дата YYYY:MM:DD	Місяць		Марс	
	Кількість використаних положень	Середня зоряна величина	Кількість використаних положень	Середня зоряна величина
2020.09.01	6	-12.25	2	-1.80
2020.09.02	2	-12.47	1	-1.83
2020.09.03	15	-12.34	-	-
2020.09.05	21	-12.05	17	-1.90
2020.09.06	2	-11.47	1	-1.93
2020.09.07	2	-11.18	1	-1.95
2020.09.07	2	-10.54	2	-2.00

Обробляючи метеори з великою кількістю зір, ми, зазвичай, використовуємо декілька локальних зон опорних зір у невеликому околі навколо метеора, й отримані результати усереднюємо з ваговими коефіцієнтами. При цьому застосовується лінійна поліноміальна редукційна модель, або модель 6 постійних. У вказаному випадку, не дивлячись на те, що зображення Місяця наявне, у ряді випадків, досить близько до положення метеора, користуватись обмеженою локальною вибіркою не варто, оскільки вимірні координати x_k, y_k зображення Місяця визначаються досить грубо через несиметричні та різні розміри просвіти у кроні дерев, див. рис. 1b, 1c. Тому після вимірів усіх об'єктів, було прийнято рішення проводити розрахунки по всій вибірці об'єктів порівняння з використанням редукційних моделей вищих порядків. Оптимальну точність забезпечив обмежений квадратичний поліном, або метод 10 постійних. На рис. 2a зображена схема кадру з усіма використаними положеннями об'єктів порівняння та боліда.

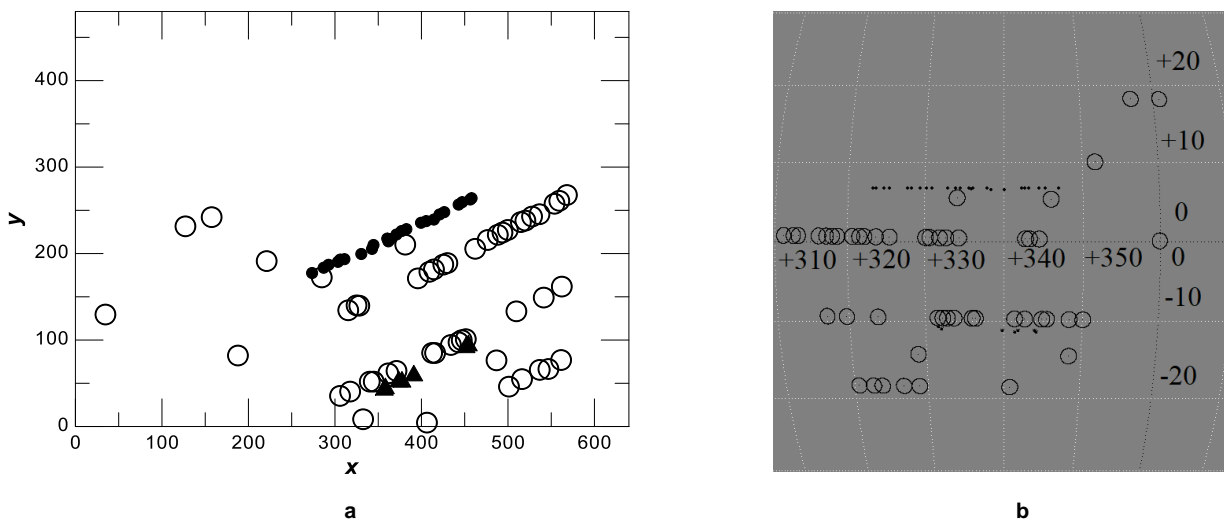


Рис. 2. Вимірні положення боліда в кадрі (заповнені трикутники) та об'єктів, вибраних як опорні: а – Місяця (великі кола) та Марса (заповнені кружки); б – їхні відповідні екваторіальні координати.

На рис. 2b зображено розраховані екваторіальні координати тих самих об'єктів. Небесна сфера показана "ззовні", тому пряме сходження зростає зліва направо, туди ж і летів болід. Як видно з рис. 2, болід рухався практично вздовж паралелі – схилення варіювалося в межах від -10.7° до -11.3° , у той час як пряме сходження – у діапазоні $330-345^\circ$. Відтак, кутова довжина сліду була дещо меншою 15° . Очевидно, цей болід не належав до метеорного потоку Персеїди, оскільки схилення радіанта в останнього складає $+58^\circ$. Крім того, швидкість потоку Персеїди має порядок 60 km/s , і болід не міг би спостерігатися впродовж такого довгого часу (більше 8 секунд).

Висновки. З викладеного стає очевидним, що ця робота, яка є підзадачею вирішення глобальнішої проблеми – проведення повної базисної обробки результатів спостережень яскравого унікального боліда – носить чисто практичний характер. Запропонований тут метод визначення екваторіальних координат метеора, отриманих примітивною камерою з охоронної системи, за відсутності будь-яких інших об'єктів у кадрі та із частково перекритим кронами дерев небосхилом, дозволяє провести досить точну (для задач метеорної астрономії) початкову астрометричну обробку спостережних даних і визначити екваторіальні координати боліда з точністю до десятих часток градуса (обчислений кутовий розмір пікселя при цьому був близько 0.12° , тобто близько $7'$). Отримані дані будуть використані для базисної обробки вказаного боліда. Цей метод розрахунку може бути застосований для обробки інших спостережних даних, отриманих у надскладних умовах спостережень.

Подяка. Автори вдячні автору відеозапису боліда Ю. Злочевському, зробленого в м. Вишневе Київської обл., за викладення даних на інтернет-ресурсі YouTube та за надання додаткової важливої інформації. Також автори вдячні всім членам Київського астрономічного клубу "Астрополіс" за їхню роботу та вклад у розвиток метеорної астрономії. Роботу виконано в межах фінансування теми 19БФ023-02 МОН України.

Список літератури

1. Chelyabinsk airburst, damage assessment, meteorite recovery, and characterization / O. P. Popova et al. // *Science*. – 342, 6162. – 2013. – P. 1069–1073.
2. Investigation of the Ozerki meteoroid parameters / A. Kartashova, A. Golubaev, A. Mozgova et al. // *Planetary and Space Science*. – 193. – Article id. 105034.
3. Злочевський Ю. Київський астрономічний клуб "Астрополіс" / Ю. Злочевський – / <https://www.youtube.com/watch?v=55RYaanYrPU>
4. Kozak P. "Falling Star": Software for Processing of Double-Station TV Meteor Observations / P. Kozak // *Earth, Moon, and Planets*. – 102, 1–4. – 2008. – P. 277–283.
5. Козак П. М. Проблема ідентифікації зірок у кадрі при цифровій обробці телевізійних спостережень метеорів / П. М. Козак // *Вісник Астрономічної школи*. – Т. 2, № 1. – 2001. – С. 21–24.
6. Козак П. Н. Анализ методов и точность определения экваториальных координат при цифровой обработке телевизионных наблюдений метеоров // *Кинематика и физика небесных тел*. – Т. 18, № 5. – 2002. – С. 471–480.
7. Козак П. Н. Векторный метод определения параметров траектории и элементов гелиоцентрической орбиты метеора для телевизионных наблюдений // *Кинематика и физика небесных тел*. – Т. 19, № 1. – 2003. – С. 62–76.
8. Козак П. Н. Астрометрическая и фотометрическая точность измерений при цифровой обработке телевизионных широкоугольных снимков астрономических объектов / П. Н. Козак, А. А. Рожило // *Вісник Астрономічної школи*. – Т. 4, № 2. – 2005. – С. 259–263.
9. Results of processing of Leonids-2002 meteor storm TV observations in Kyiv / P. Kozak, O. Rozhilo, V. Kruchynenko et al. // *Advances in Space Research*. – 39, 4. – 2007. – P. 619–623.
10. Козак П. М. Метод фотометрії слабких метеорів та штучних супутників Землі із спостережень з телевізійними системами супер-ізокол / П. М. Козак, Л. В. Козак // *Космічна наука і технологія*. – Т. 21, № 1. – 2015. – С. 38–47.

11. Kozak P. M. Upward-moving low-light meteor – I. Observation results / P. M. Kozak, J. Watanabe // MNRAS. – 467, 1. – 2017. – P. 793–801.

12. Интернет-ресурс "The live sky". – <https://theskylive.com>

13. Интернет-калькулятор Національної астрономічної обсерваторії Японії. – https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/cande/gst_en.cgi

Надійшла до редколегії 4.03.2021

П. Козак, канд. физ.-мат. наук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

С. Старый, канд. физ.-мат. наук

Институт физики полупроводников имени В. Е. Лашкарева НАН Украины, Киев, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ КООРДИНАТ БОЛИДА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ СО СТАЦИОНАРНОЙ МАЛОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ БЫТОВОЙ ОХРАННОЙ ВИДЕОКАМЕРОЙ

Приведен метод определения экваториальных координат яркого болида, зарегистрированного 9 августа 2020 г. в Киеве при помощи широкоугольной слабочувствительной бытовой охранной видеокамеры. Из-за малой чувствительности камеры в кадрах с болидом не было ни одного объекта сравнения, а небосклон был закрыт кроной деревьев более чем наполовину. Для поиска объектов сравнения с известными экваториальными координатами было предложено использовать изображения Луны и Марса, которые систематически попадали в кадр в следующем месяце – сентябре. Приведены соответствующие формулы. Точность определения экваториальных координат болида составила десятые доли градуса при поле зрения камеры 100° , а угловая длина траектории – около 15° . Болид был очень медленным и, как показали расчеты, не принадлежал к метеорному потоку Персеиды, который был активен в момент наблюдения.

Ключевые слова: метеоры, видеонаблюдения метеоров, наблюдения с бытовой охранной камерой, методы наблюдений обработки метеоров.

P. Kozak, PhD

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

S. Stariy, PhD

V. Ye. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine

DETERMINATION OF EQUATORIAL COORDINATES OF BOLIDE FROM OBSERVATIONS WITH STATIONARY LOW-SENSITIVE HOME GUARD VIDEO CAMERA

Method for determination of equatorial coordinates of a bright bolide detected with wide-angle low-sensitive home guard camera on 9 August 2020 above Kyiv is presented. Due to low sensitivity of the camera there were no objects for comparison in the frames with the bolide, and sky was obstructed more than a half by the crown of trees. For a search of objects of comparison with known equatorial coordinates we proposed to use the images of the Moon and Mars, which systematically got into frames during the next month – September. The corresponding formulae are presented. The precision of the bolide's equatorial coordinates calculation were tenths of degree at field of view of the camera 100° , and the trajectory angular length was near 15° . The bolide was very slow, and according to calculations did not belong to the Perseid meteor shower, which was active during the observations.

Keywords: meteors, video observations of meteors, observations with home guard video camera, methods for meteor observations processing.

УДК 521.182; 523.44

А. Казанцев, канд. физ.-мат. наук,

Л. Казанцева, канд. физ.-мат. наук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ПЕРЕХОДУ ТРОЯНЦІВ ПЛАНЕТ ДО КЕНТАВРІВ

З каталогу Міжнародного центру малих планет на 2020 р. відібрано Троянці Юпітера та Нептуна. Проведено чисельні розрахунки еволюції орбіт на інтервалах до 1 млн років. Установлено, що виявлені на сьогодні всі Троянці Нептуна та нумеровані Троянці Юпітера навряд чи можуть переходити в популяцію Кентаврів у найближчі сотні тисяч років.

Ключові слова: Троянці, Кентаври, орбіти.

Вступ. Кентаврами називають малі тіла, що рухаються між орбітами Юпітера й Нептуна. Деякі з них проявляють кометні властивості. Тому Кентаври розглядаються як вагоме джерело ядер комет сімейства Юпітера [4]. Більшість науковців розглядає пояс Койпера як джерело походження Кентаврів. Головним джерелом Кентаврів вважають розсіяний диск [2; 7; 10]. Крім того, додатковими джерелами розглядають окремі групи тіл у поясі Койпера, що містяться в резонансах із Нептуном 3:2 [8] та 2:1 [9]. Кентаври на орбітах з великими нахилами ($i > 70^\circ$) чи зі зворотним рухом ($i > 90^\circ$) розглядають як тіла з хмари Оорта чи з міжзоряного простору [1]. Можливими додатковими незначними джерелами Кентаврів називають Троянців Нептуна [5] і Троянців Юпітера [3]. Зазвичай більш внутрішні зони Сонячної системи, як можливі джерела Кентаврів, не називаються.

Перехід до Кентаврів Троянців Юпітера та Нептуна викликає окремих інтерес, адже ці тіла рухаються по доволі стійких орбітах. Щоправда автори публікації [5] моделювали перехід Троянців Нептуна до Кентаврів у розрахунках на мільярди років та ще у процесі міграції планет-гігантів. Гіпотеза міграції планет в останні роки є досить популярною для пояснення окремих спостережних даних у розподілі малих тіл Сонячної системи. Зокрема, прибічники гіпотези міграції пропонують пояснення розподілу Троянців планет, яким він є нині. В той же час, явних спостережних даних про реальність процесу міграції планет не існує.

Автори публікації [3] в своїх розрахунках не залучали процес міграції планет. Але їхні чисельні розрахунки еволюції орбіт проводились на інтервали в мільярди років. Такі розрахунки викликають сумніви щодо точності результатів, отриманих на таких довгих інтервалах.

У цій публікації ми розглянемо можливість переходу Троянців Юпітера та Нептуна до Кентаврів з урахуванням реальної точності чисельних розрахунків.