

УДК 523.68; 523.683; 520.8; 52.126; 52.128; 52.13; 52.14

П. Козак, канд. фіз.-мат. наук, О. Рожило інженер,
Ю. Тарануха, канд. фіз.-мат. наук

КІНЕМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ МЕТЕОРИВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ БАЗИСНИХ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ В ПЕРІОД ОСІНЬОГО РІВНОДЕННЯ 2001 РОКУ

Наводяться результати кінематичної обробки двохсторонніх телевізійних спостережень метеорів в період осіннього рівнодення 2001 року. Для спостережень використовувалися телевізійні установки "інтроскоп", оснащені високочутливими передавальними телевізійними трубками типу супер-ізокон Лі-804, та фотографічними об'єктивами Юпітер-3. Спостереження проводилися 21–22 вересня 2001 року з двох пунктів, розміщених на відстані 54 км. За час спостережень було зареєстровано 18 базисних метеорів. Приводяться кінематичні параметри метеорів та обговорюється проблема точності обробки спостережних даних. Результати спостережень порівнюються з робочим списком радіантів метеорних потоків метеорологічного центру даних міжнародного астрономічного союзу. Надійно встановлені метеорні потоки із списку – Денні капла Леоніди та Жовтневі Капракорніди – що мали бути активні під час спостережень, не були підтверджені жодними із 18 метеорів. Інший встановлений потік Вересневих епсилон Персеїд може бути підтверджений чотирма метеорами, однак дуже ненадійно через суттєві відхилення контрольних параметрів. Також було підтверджено кілька міні-потоків, в тому числі один – сігма Орїоніди – з можливим розширенням часу його активності на три доби.

Results of kinematical processing of double-station TV meteor observations during a period of Autumn Equinox of 2001 are presented. "Introskop" TV systems equipped by high sensitive transmitting TV tubes of super-isocon type (Li-804), and photographic lenses Jupiter-3 had been used for the observations. The observations were carried out on September 21–22, 2001 simultaneously from two points placed at the distance of 54 km. We have registered 18 double-station meteors for the observational period. Kinematical parameters of meteors are presented, and the problem of precision of the observational data is discussed. The observational results are compared with the working list of meteor shower radiants of Meteor Data Center of International Astronomical Union. Established meteor showers from the list: Dayt. Kappa Leonids and October Capricornids, which had to be active during observational periods were confirmed by no one of 18 meteors. Another established shower named September epsilon Perseids could be confirmed by four meteors, but not surely because of significant deviations of control parameters. Also we have confirmed a few mini-showers, including one: sigma Orionids with possible enhancement of its activity time for three days.

Вступ. Накопичення достовірної інформації про метеори, метеорні потоки та їх асоціації дозволяє доповнювати загальну картину будови Сонячної системи з боку її найменшої за масами та найчисленнішої складової після пилу. Частинки з масами від 10–14 г [4, 12] і до десятків грамів можуть спостерігатися масово лише при їх взаємодії з атмосферами планет, зокрема з атмосферою Землі, при цьому спостереження можна проводити як в радіо-, так і в оптичному діапазоні. В той час, як бази даних менш точних радіолокаційних спостережень містять мільйони орбіт [6], офіційний каталог фотографічних спостережень Метеорологічного Центру Даних Міжнародного Астрономічного Союзу (Meteor Data Center of International Astronomical Union: MDC IAU) нараховує 4581 орбіту [21, 10]. Крім того, існує ряд каталогів кінематичних параметрів метеорів, створених за результатами телевізійних спостережень – в Україні: 57 метеорів [8, 15] та 80 метеорів [5], в Японії: 263 метеори [23] та 48 метеорів [7]; у Чехії: 817 [11] (у оновленій Інтернет версії – 841) та ін. Така відносно невелика кількість каталогізованих метеорів обумовлена складністю процесу спостереження – адже для отримання повної інформації про метеор його слід зареєструвати одночасно з двох пунктів, рознесених на відстань 50–100 км. Останнім часом завдяки ентузіазму любителів метеорної астрономії, фінансової підтримки корпорації SonotaCo [17], та взаємодії з Міжнародною Метеорологічною Організацією [9] було отримано в режимі автоматичного спостереження великі масиви метеорних багатосторонніх спостережних даних: 19274 метеори за 2007 рік [18], 19436 метеорів за 2008 рік [19] та 25940 метеорів за 2009 рік [20], однак через повністю автоматизований метод обробки точність обчислення їх характеристик залишається невизначеною. Результати таких спостережень також беруться до уваги MDC IAU для уточнення параметрів відомих метеорних потоків. Загальна кількість таких потоків в робочому списку на сьогодні складає 366, з них 64 надійно встановлених [10]. Крім базисних спостережень використовуються також односторонні спостереження Європейської мережі любителів метеорної астрономії, які зареєстрували за допомогою відеокамер за більше ніж 10 років 450 000 метеорів [16], та підтвердили існування 9 великих метеорних потоків, 44 малих, та відкрили, за їх версією, 12 нових малих потоків. Таким чином, збільшення бази даних кінематичних параметрів метеорів і на сьогодні є актуальною задачею, оскільки така інформація відображає внутрішню структуру метеорних роїв, та дозволяє встановити їх генетичний зв'язок з іншими тілами Сонячної системи.

Спостережна апаратура. Для спостережень використовуються телевізійні системи "Інтроскоп", побудовані на базі високочутливих передавальних трубок типу супер-ізокон Лі-804. Телевізійні камери були оснащені ширококутними фотографічними об'єктивами Юпітер-3 (F = 50 мм, F/1.5). Телевізійні системи працюють з частотою 25 кадрів/сек, із через-строковою розгорткою. Час визначається за допомогою таймерів, які вдруковують показники часу безпосередньо в телевізійний кадр з точністю 0.01 сек. Абсолютна часова прив'язка здійснюється за допомогою ефірного прийому сигналів точного часу з точністю ~ 0.1–0.5 сек. Відеозображення реєструються в аналоговому вигляді за допомогою відеоманітофонів типу VHS або S-VHS. Оцифровка кадрів, що містять метеори, встановлення їх базисності та подальша цифрова обробка здійснюється в лабораторних умовах.

Формат оцифрованих кадрів у відеопослідовності складає 768×576 пікселів, 256 градацій інтенсивності. Оскільки метеор являє собою динамічний об'єкт, а телевізійна камера працює в через-строковому режимі, то для уникнення накладання двох зображень метеора, які формуються в парних і непарних полях, рознесених в часі на 0.02 сек, відеопослідовності з метеорами (зазвичай файли у форматі AVI) програмно розбиваються на парні та непарні поля кадру. Кутовий розмір поля приблизно складає $23^{\circ}.5 \times 19^{\circ}$, розмір пікселя $\sim 4'$. Кінематична обробка метеорних зображень реалізується за допомогою оригінальних методів обробки [1, 2, 3] та розробленого в нашому відділі програмного забезпечення "Falling Star" [13, 14].

Спостереження. В даній роботі представлено результати двохсторонніх телевізійних спостережень метеорів протягом однієї ночі 21–22 вересня 2001 року, тобто під час осіннього рівнодення. Спостереження проводилися з двох спостережних пунктів Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, розміщених на відстані 54 км одна від одної. Спостереження проводилися з 18.00 г од. 21 вересня до 2 год. 22 вересня за UTC. Загалом за 8 годин спостережень було зареєстровано 35 метеорів у пункті А (камера направлена в зеніт), і 63 метеори у пункті В (камера направлена за азимутом на пункт А і на висоту, що відповідає перетину оптичних осей на висоті 100 км). Загальна кількість базисних метеорів склала 18.

Обробка спостережних даних. Методика обробки метеорних телевізійних спостережень неодноразово описувалася раніше [1, 2, 3]. Приділимо лише увагу попередньому перегляду зображень та підходу до оцінки точності обробки. Похибка обчислень кінематичних характеристик метеора – геометричних параметрів його траєкторії в атмосфері Землі (висоти появи та зникнення, зенітний кут радіанта, екваторіальні координати радіанта, геоцентрична швидкість та ін.) та геліоцентричних елементів орбіти (велика піввісь, ексцентриситет, нахил, аргумент перигелію, довгота висхідного вузла) залежить від трьох основних факторів. По-перше, від геометрії траєкторії кожного індивідуального метеора по відношенню до розміщення та орієнтації спостережних камер, по-друге від характеристик спостережної апаратури, по-третє від методики обробки. Перший фактор найбільш вагомий і складається з кількох складових. Методика базисної обробки використовує формулу триангуляційного трикутника, тому не передбачає можливості опрацювання метеора, який летить паралельно, або майже паралельно прямій, що проходить через обидві спостережні точки – похибка обчислення координат радіанта і швидкості в цьому випадку прямує до нескінченності. Замала базисна відстань призводить до збільшення похибок усіх геометричних характеристик. Також, метеор, що рухається під малим кутом до оптичної осі однієї з камер спостережень, буде складний для обчислення радіанта, а відтак і модуля швидкості.

Крім того, суттєву роль відіграє якість зображення метеора в кадрі. Дуже слабкі метеори, або занадто яскраві ускладнюють визначення положення метеорної частинки (голови метеора), що призводить до великих похибок при обчисленні швидкості метеора, і як наслідок – великої півосі і ексцентриситету орбіти. Положення метеора на краю кадру, або мала кількість опорних зір навколо зображення також погіршує точність обчислень. Усі згадані фактори призводять в тому чи іншому ступені до накопичення значних похибок в обчисленні метеорних параметрів, а відтак впливають на фактор ризику помилитися при класифікації метеора як приналежного то певного метеорного потоку. Для того, щоб оцінити ступінь довіри до точності обчислення параметрів, спочатку готується таблиця якості зображення метеора. До неї входять деякі характеристики метеора, які можна оцінити за попереднім переглядом зображень – кількість кадрів з зображенням голови метеора, наявність в кадрі точки появи, максимуму блиску та кінця метеора, а також деякі величини, що стають доступними після базисної обробки, наприклад початковий кут між напрямком руху метеора та напрямком на точку спостереження. Крім того, для врахування інших згаданих факторів вводиться деяка п'ятибальна оцінка якості зображення метеора та зірок в кадрі.

При цьому максимальну оцінку має зображення достатньо довгого метеора, середньої яскравості з симетричною та репрезентативною вибіркою опорних зір. Результати якості зображень метеорів приведені в табл. 1, де N_e – порядковий номер метеора; N – кількість кадрів розвитку метеора, в яких можна визначити положення голови метеора, за яким розраховується швидкість; B_M_E (Beginning, Maximum, End) – літерне позначення, що вказує на присутність в кадрі початку, максимуму блиску та кінця метеора відповідно; γ – початковий кут між векторами швидкості метеора та напрямку на пункт спостереження; M – оцінка якості зображення метеора. Відповідні розподіли оцінок M за обома пунктами приведені на рис. 1, зліва.

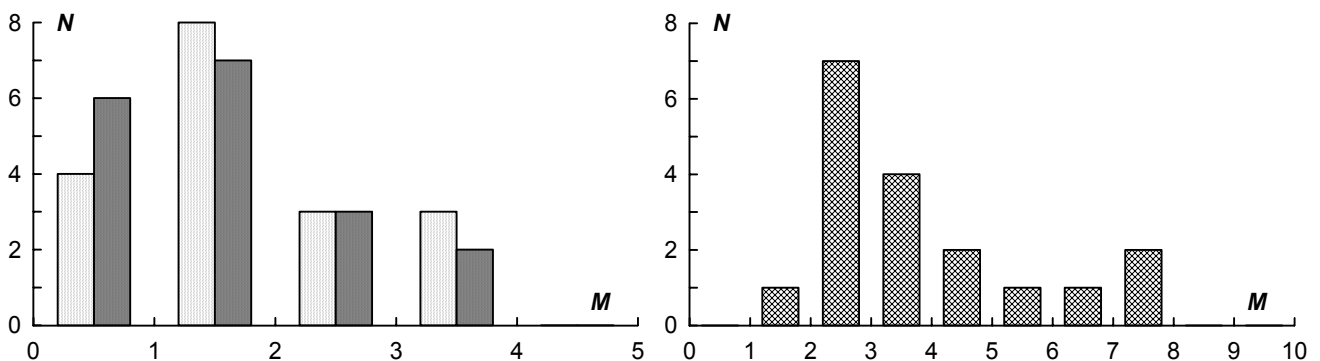


Рис. 1. Розподіли оцінок M якості метеорних зображень за обома пунктами спостережень (зліва), пункт А – світла штриховка, пункт В – темна, та їх сумарних оцінок (справа)

Як видно з рис. 1, превалюють метеори дуже слабкі (їх зоряна величина може сягати $+7^m$) і складні в обробці – нема жодного метеора з максимальною оцінкою. В ряді випадків можлива комбінація неякісного зображення метео-

ра за одним з пунктів спостереження, та якісного за іншим. У цьому випадку розрахунок модуля швидкості проводиться за кращим зображенням, а низька якість іншого хоч і погіршує точність, однак не є критичною. Для перевірки такої можливості була побудована гістограма сумарної оцінки якості - рис. 1, справа. У випадку комбінації "хороших" ($M = 4$) та "поганих" ($M = 1$) зображень одного метеора за різними пунктами спостереження максимум гістограми повинен знаходитись біля $M \approx 5$. Однак з гістограми видно, що максимум лежить біля 2.5–3 (при максимальному значенні 10), що говорить про критично низьку якість більшості метеорних зображень за обома пунктами.

Таблиця 1

Таблиця якості метеорних зображень за обома пунктами спостережень

№	N		B_M_E		γ, град.		M	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	10	7	B_M	B	56.60	59.65	4	3
2	9	9	BME	B	69.53	80.26	2	1
3	5	7	B	BME	59.90	36.39	1	2
4	12	10	BME	BME	29.72	41.44	4	4
5	14	7	BME	B	74.50	44.75	2	1
6	5	10			87.94	68.87	1	3
7	5	6	B	BME	63.04	66.23	1	2
8	14	9	BME	B_M	15.88	46.83	2	1
9	7	7	M	BME	40.74	49.05	3	3
10	8	13	BME	BME	40.77	44.82	2	2
11	13	19	M	ME	40.41	21.96	4	4
12	5	5	ME	BME	12.90	18.13	3	2
13	13	10	BME	B_M	35.55	66.40	2	1
14	6	4	BME	BME	26.82	0.97	2	1
15	3	4	BME	BME	28.93	17.40	2	2
16	14	5	BME	B	16.57	16.13	3	2
17	3	3	ME	BME	33.94	15.28	1	1
18	6	4	BME	BME	20.79	17.09	2	2

Даний факт вказує на те, що точність обчислення кінематичних параметрів метеорів буде досить низькою, а відтак і імовірність впевненої належності метеора до певного метеорного потоку досягти буде важко.

Для прикладу наведемо зображення метеора №4, який має за відеопослідовностями з обох пунктів оцінку "4", та метеора №17 з обома оцінками "1", рис. 2. Очевидно, зображення метеора №17 без спеціальної підготовки важко навіть помітити в кадрах.

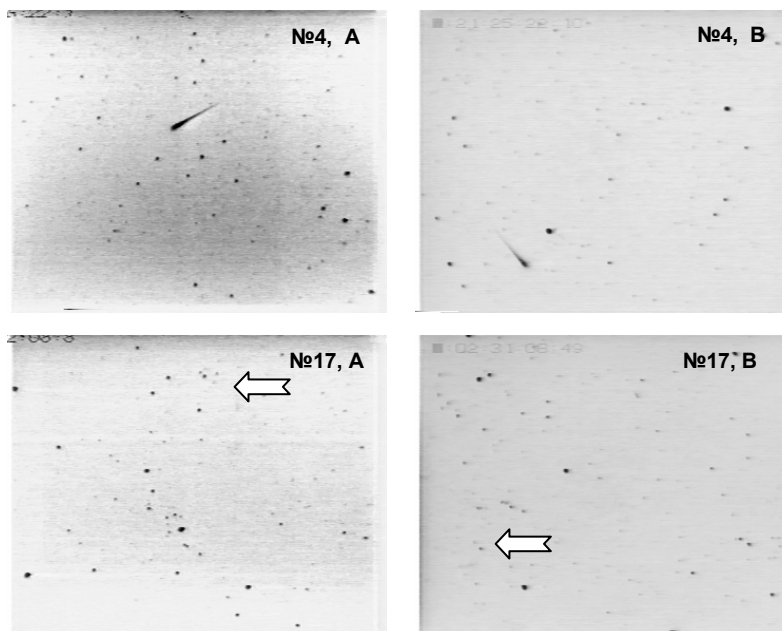


Рис. 2. Зображення двох метеорів за різними пунктами спостереження: метеор №4 – оцінка придатності для якісного опрацювання "4", та метеор №17 – найнижча оцінка "1".

Щодо співвідношення довжини метеора відносно розмірів кадру, то ситуація така, що для більшості метеорів є можливість повністю розрахувати траєкторію частинки. 5 метеорів присутні в обох кадрах, тобто є можливість порівняти видимі висоти появи та зникнення; 10 метеорів повністю присутні в одному з кадрів і для них також можна розрахувати висоти появи та зникнення, і лише 3 метеори обмежуються полем зору оптичної системи. Причому, тут

унікальним є метеор №6 – в жодному з кадрів немає ні його висоти появи, ні максимуму блиску, ні зникнення. Тобто траєкторію можна встановити для ~83% метеорів.

Величина кута γ між векторами швидкості та напрямом на пункт спостереження (див. табл. 1) варіюється приблизно в межах $\sim 30^\circ\text{--}70^\circ$, хоча в 5-и метеорів кут менший 30° за обома пунктами спостереження, а метеор №14 для пункту В є практично стаціонарним.

Результати обробки. Основні параметри метеорів, отримані в результаті обробки, представлені в табл. 2, де введени наступні позначення: D – день вересня 2001 р., UT – всесвітній час, t – час існування метеора, L – довжина траєкторії, H_b , H_e – висоти появи та зникнення відповідно, v_∞ – швидкість метеора перед вльотом в атмосферу, σ_v – похибка швидкості, Z_R – зенітний кут радіанта, α_{GR} , δ_{GR} – пряме сходження та схилення геоцентричного радіанта відповідно, v_G – модуль швидкості без гравітаційного впливу Землі, a , e , i , ω , Ω – елементи геліоцентричної орбіти: велика піввісь, ексцентриситет, нахил, аргумент перигелію та довгота висхідного вузла відповідно. Як видно з табл. 2, середній час існування метеора складає ~ 0.35 сек., а середня довжина траєкторії – 18 км, тобто метеори дуже слабкі.

Таблиця 2

D	UT	t	L	H_b	H_e	v_∞	σ_v	Z_R	α_{GR}	δ_{GR}	v_G	a	e	i	ω	Ω
Д	Г:Х:С	с	км	км	км	км/с	км/с	°	°	°	км/с	а.о.		°	°	°
21	18:28:49	>0.39	>22	117.5	<105	58.3	0.8	54.3	50.89	57.99	57.26	19.2	0.96	108.5	234.8	178.5
21	18:50:46	0.34	6.3	106.5	104.8	17.7	2.3	70.0	199.86	30.87	13.84	1.4	0.41	14.8	111.4	178.5
21	19:30:37	0.26	7.6	102.5	99.9	43.4	2.1	65.8	28.93	8.41	41.96	3.7	0.98	7.9	152.7	358.5
21	20:26:22	0.46	23.7	111.2	95.8	49.6	0.1	30.0	28.17	68.54	48.38	12.2	0.93	85.0	225.2	178.6
21	20:37:32	0.54	12.0	103.5	94.2	23.2	0.8	38.9	269.5	54.04	20.41	4.2	0.76	30.3	182.2	178.6
21	21:57:26	>0.38	>20.8	>108	<107	61.9	0.2	88.3	86.97	-2.18	60.87	1.9	0.49	132.9	14.7	358.6
21	21:59:13	0.22	12.2	113.8	108	61.5	0.2	54.1	101.8	57.45	60.45	5.1	0.81	120.0	157.0	178.6
21	22:11:31	0.54	36.2	134.8	101	54.8	18.3	20.0	334.2	62.71	53.62	-0.6	2.44	67.3	212.8	178.7
21	22:49:39	0.26	13.8	110.9	101.4	50.9	1.5	43.2	108.04	73.75	49.71	2.8	0.64	94.0	166.0	178.7
21	22:52:55	0.50	10.6	87.3	80.4	20.5	0.4	42.7	351.21	7.32	17.21	1.8	0.62	5.6	262.3	178.8
21	22:56:17	>0.74	>17	>94.4	82.7	27.1	0.9	46.5	21.61	1.42	24.73	1.1	0.75	8.2	132.9	358.6
21	23:19:50	0.18	9.7	109.5	100.3	60.2	0.5	19.1	49.89	46.77	59.17	9.1	0.94	121.2	261.1	178.7
21	23:34:44	0.50	13.5	102.0	91.6	28.1	0.4	39.1	308.9	62.70	25.76	3.3	0.71	40.5	208.9	178.7
22	0:28:05	0.22	59.3	111.0	101.8	50.2	2.2	22.7	65.93	38.52	49.00	0.8	0.64	159.7	200.5	178.7
22	0:34:48	0.14	8.3	110.9	106.3	67.2	3.1	26.2	72.66	37.77	66.23	4.8	0.82	152.0	228.9	178.7
22	1:28:46	0.54	33.0	132.2	119.4	63.6	0.5	23.5	60.36	26.85	62.65	3.2	0.86	167.2	259.5	178.8
22	1:32:09	0.10	6.7	109.2	104.0	80.2	1.0	38.3	102.21	33.53	79.43	-1.0	1.90	162.8	154.2	178.8
22	1:56:29	0.22	12.2	111.0	103.1	60.3	2.5	24.2	96.93	46.38	59.29	1.5	0.35	138.5	156.7	178.8

Швидкість визначалась за обома пунктами [3], а потім усереднювалась з ваговими коефіцієнтами. У якості вагових коефіцієнтів можуть вибиратися або кількість точок для визначення швидкості на кожному зображенні, або величина кута γ , або значення, обернене до величини дисперсії швидкості, отриманої по кожному з пунктів індивідуально. Серед 18 метеорів лише один виявився з критично великою похибкою обчислення середнього значення швидкості – №8, однак він має дуже низькі оцінки за табл. 1, чим і пояснюється така велика похибка. Відповідно і значення висоти появи 134.8 км не можна вважати надійним. Для метеорів, які частково знаходяться за межами кадру за обома пунктами відповідні величини позначені символами ">", "<".

Належність до метеорних потоків. Спостереження протягом вересня цікаві тим, що в цей час відсутні потужні метеорні потоки, і відтак кількість вересневих спостережень не надто велика. Якщо поглянути на робочий список метеорних потоків MDC IAU, які активні протягом вересня – див. табл. 3 – то побачимо загалом 27 потоків, з яких 5 надійно встановлених: Аурігиди (Aurigids), Вересневий епсилон Персеїди (Sept. epsilon Perseids), Денні каппа Леоніди (Dayt. kappa Leonids), Денні Секстантіди (Dayt. Sextantids), Жовтневі Капрікорніди (October Capricornids) [10].

Враховуючи, що 12 потоків мали бути активні протягом спостережень, проведемо аналіз параметрів метеорів з табл. 2 з метою підтвердження існуючих та пошуку можливих нових міні-потоків. Загалом класифікація належності метеора до того чи іншого потоку являє собою досить складну задачу, див. наприклад [22]. Очевидно, що вектори швидкості потокових метеорів (координати радіанта і модулі швидкості), а відповідно і елементи їх орбіт, еволюціонують з часом, причому величина їх розсіяння буде пропорційна часові існування потоку. Тому в кінцевому випадку рішення про належність метеорної частинки до певного потоку буде залежати від меж параметрів, вибраних за критерії порівняння. Наприклад, при обробці масових спостережень [17] було застосовано підхід, де використовувалася кластерний аналіз, причому в якості параметрів порівняння було використано екваторіальні координати геоцентричних радіантів метеорів та їх швидкості, а також періоди їх активності – тобто параметри, представлені в MDC IAU [10].

Екваторіальні координати геоцентричного радіанта, а вірніше просторову різницю положення радіанта метеора і потоку, ми для селекції використовували і в даній роботі, а також модуль швидкості метеора. Щодо часу активності потоків – залишимо певний діапазон до можливого його розширення, особливо зважаючи на те, що для 4-х верес-

сневих метеорних потоків – див. табл. 3: ню Ериданиди (Nu Eridanids), Вересневі йота Кассіопейди (September iota Cassiopeiids), Денні пі Леонід (Daytime pi Leonids), бета Великої Ведмедиці (beta Ursae Majorids) – час активності не визначений взагалі. Зважаючи однак, що чітких просторових меж положення радіанта для вересневих потоків немає, додатково до згаданих параметрів, для більшої надійності, будемо ще використовувати кутові елементи орбіти метеорів – в першу чергу нахил орбіти та аргумент перигелію, а також довготу висхідного вузла на предмет можливого зміщення на 180°.

Таблиця 3

Час дії активних метеорні міні-потоків у другій половині вересня, та час спостережень

Метеорні потоки / дата	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Aurigids	<																	
beta Gruids																		
September Lyncids																		
beta Capricornids																		
Nu Eridanids																		
September iota Cassiopeiids									+									
epsilon Eridanids																		
Sept. epsilon Perseids																		
Sept. gamma Sagittariids																		
nu Draconids									+									
Sept. beta Cassiopeiids																		
Daytime pi Leonids																		
South. delta Piscids									+									
omega Piscids									?									
Sept. mu Arietids																		
kappa Aquariids																		
beta Aurigids									?	??								
Dayt. kappa Leonids																		
Sept. alpha Orionids																		
Dayt. delta Leonids																		
North. delta Piscids																		
beta Ursae Majorids																		
Dayt. gamma Virginids																		
Dayt. Sextantids																		
October Capricornids																		
October delta Aurigids																		
sigma Orionids									?									
Кількість базисних метеорів									13	5								

Загальні результати порівняльного аналізу представлені в табл. 3. Назви метеорних активних потоків приведено оригінальною мовою згідно MDC IAU [10]. Метеорні потоки, підкреслені сірим фоном в колонці назв (загалом 5 потоків) є, так званими, надійно встановленими потоками. Інші потоки можуть бути або незалежними, або частинами інших встановлених потоків, частинами один одного, тобто частинами спільного слабкого потоку, можуть не існувати взагалі, тобто представляти собою спорадичні метеори.

До розгляду бралися усі вересневі міні-потоки, а в табл. 3 зображені світло-сірою штриховкою потоки, активні протягом 8 днів від початкової та кінцевої дати спостереження (приблизно встановлені максимуми активності потоків підкреслені темнішим фоном). Потоки, активність яких знаходиться поза межами згаданого інтервалу, відображені в табл. 3 стрілочками. Значками "+" позначені метеори, які, за нашими оцінками, є достатньо надійно ототожненими з відповідним метеорним потоком, значок "?" означає схожість з метеорними потоками за деякими параметрами, але розбіжність за іншими.

Перший потік, який ми вважаємо достатньо надійно підтверджений одним метеором №4 – це Вересневі йота Кассіопейди. Дане ототожнення корисне тим, що підтверджує метеорний потік, який не визначений строго у часі активності. З іншого боку, для таких потоків не приведені елементи орбіти, тому порівняння відбувалося лише за просторовим відхиленням радіанта ΔR та різницею в модулі швидкості Δv . Вони склали $4^{\circ}.87$ та $1^{\circ}.62$ км/с відповідно, що непогано узгоджується з точністю обробки наших спостережень. Інший метеорний потік, який ми вважаємо достатньо надійно підтверджується, на жаль лише одним метеором №5 – Нью драконіди. Метеор №5 зареєстрований під час активності потоку – 21 вересня, і підтверджується крім згаданих параметрів також за кутовими елементами орбіти Δi , $\Delta \omega$ та $\Delta \Omega$. Для нього $\Delta R = 6^{\circ}.17$, $\Delta v = 0.11$ км/с, $\Delta i = 2^{\circ}.30$, $\Delta \omega = 7^{\circ}.16$, $\Delta \Omega = 7^{\circ}.60$ (всі відхилення даються по модулю). Дуже гарне співпадання отримане для метеорного потоку Південних дельта Пісцид та метеора №11: $\Delta R = 4^{\circ}.18$, $\Delta v = 1.77$ км/с, $\Delta i = 1^{\circ}.91$, $\Delta \omega = 1^{\circ}.94$, $\Delta \Omega = 5^{\circ}.37$. Метеор також зареєстровано під час дії потоку (див. табл. 3).

Три інші метеорні потоки – омега Пісциди, бета Аурігиди та сігма Оріоніди – підтверджені значно слабше (умовно підтверджені) через суттєві відхилення деяких параметрів. Для потоку омега Пісцид – один метеор №10: $\Delta R = 18^{\circ}59$, $\Delta v = 4.19$ км/с, $\Delta i = 4^{\circ}.15$, $\Delta \omega = 11^{\circ}.67$, $\Delta \Omega = 12^{\circ}.24$. Для потоку бета Аурігид – три метеори №7: $\Delta R = 17^{\circ}52$, $\Delta v = 6.05$ км/с, $\Delta i = 28^{\circ}.04$, $\Delta \omega = 2^{\circ}.03$, $\Delta \Omega = 1^{\circ}.64$ (метеор зареєстровано під час активності потоку); №17: $\Delta R = 15^{\circ}82$, $\Delta v = 12.93$ км/с, $\Delta i = 14^{\circ}.78$, $\Delta \omega = 4^{\circ}.83$, $\Delta \Omega = 1^{\circ}.77$; №18: $\Delta R = 8^{\circ}46$, $\Delta v = 7.21$ км/с, $\Delta i = 9^{\circ}.46$, $\Delta \omega = 2^{\circ}.25$, $\Delta \Omega = 1^{\circ}.80$ відповідно (метеори зареєстровано під час активності потоку). Для сігма Оріонід – знову один метеор №6: $\Delta R = 1^{\circ}27$, $\Delta v = 4.13$ км/с, $\Delta i = 5^{\circ}.13$, $\Delta \omega = 19^{\circ}.35$, $\Delta \Omega = 1^{\circ}.35$. Останній метеор передусь на 5 діб своєму потенційно батьківському потокові, що може свідчити або про розширення меж даного потоку, або про помилковість припущення щодо належності даного метеора до згаданого потоку.

Цікавим є метеор №15 – він має схожість за деякими параметрами з чотирма метеорними потоками, представленими в табл. 4.

Таблиця 4

Модулі відхилення параметрів метеора №15 від деяких близьких у часі потоків

Метеорний потік	Δt	ΔR	Δv	Δi	$\Delta \omega$	$\Delta \Omega$
Aurigids	16	13.5	0.5	5.0	119.9	20.7
Sept. epsilon Perseids	+	17.6	1.7	13.0	13.1	6.7
beta Aurigids	+	11.4	0.3	4.0	69.9	1.7
October delta Aurigids	6	14.8	1.3	22.0	1.9	12.3

В табл. 4 прийняті позначення: Δt – час в добах між часом реєстрації метеора та ближчою межею метеорного потоку ("+" означає, що метеор був в межах дії потоку), інші позначення та одиниці виміру – аналогічні приведеним вище. Найближче даний метеор за своїми параметрами до потоків Вересневих епсилон Персеїд та Жовтневих дельта Аурігид (для двох інших критично великі відхилення в аргументі перигелію), однак відхилення в кутових елементах, в першу чергу радіанти та нахилі орбіти, є досить високим для того, щоб віднести даний метеор до якогось потоку.

Висновки. Приведемо деякі висновки ототожнення метеорів з відомими метеорними потоками, однак слід зважати на малу статистику даних для повного обґрунтування висновків. Три надійно встановлених метеорних потоки, які мали бути активні протягом часу спостережень – Денні каппа Леоніди, Вересневі епсилон Персеїди та Жовтневі Капрікорніди – нами не були підтверджені жодним з 18-и метеорів. Щодо першого з них, очевидно, він і не повинен бути підтверджений нічними спостереженнями, метеори з другого та третього метеорного потоку мали б бути присутніми. З інших 9-и активних на час спостережень міні-потоків впевнено (з хорошою відповідністю контрольних параметрів) підтверджено 2: ню Драконіди і Південні дельта Пісциди, хоча кожен лише одним метеором. Також надійно підтверджений метеорний потік з невизначеним часом дії – Вересневі йота Кассіопеїди (метеор зареєстровано 21-го вересня). Ще 2 метеорних потоки з 9-и активних підтверджені менш надійно: омега Пісциди одним метеором та бета Аурігиди – трьома. Також слабо підтверджений одним метеором потік сігма Оріонід, однак метеор був зареєстрований на 4 дні раніше початку активності потоку у відповідності до MDC IAU [10].

1. Козак П.М. Проблема ідентифікації зірок у кадрі при цифровій обробці телевізійних спостережень метеорів // Вісник Астрономічної школи. – 2001. – Т. 2, № 1. – С. 21–24. 2. Козак П.Н. Анализ методов и точность определения экваториальных координат при цифровой обработке телевизионных наблюдений метеоров // Кинематика и физика небесных тел. – 2002. – Т. 18, № 5. – С. 471–480. 3. Козак П.Н. Векторный метод определения параметров траектории и элементов гелиоцентрической орбиты метеора для телевизионных наблюдений // Кинематика и физика небесных тел. – 2003. – Т. 19, № 1. – С. 62–76. 4. Козак П.М., Кручиненко В.Г., Кручицкий Г.М., Івченко В.М., Козак Л.В., Білокриницька Л.М., Тарануха Ю.Г., Рожило О.О. Трансформація спорадичної маломасової метеороїдної складової в аерозоль верхньої атмосфери Землі // Космічна наука і технологія. – Т. 16, № 4. – 2010. – С. 13–21. 5. 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. – Т. 17, № 4. – 2011. – С. 51–62. 6. Brown P., Weryk R.J., Wong D.K., Jones J. The Canadian Meteor Orbit Radar Meteor Stream Catalogue. - Earth, Moon, and Planets. – Vol. 102, Nos 1–4. – 2008. – P. 209–219. 7. Fujiwara Y., Ueda M., Sugimoto M., Sagayama T., Satake M., Furoue A. TV observations of the 1998 Giacobonid meteor shower in Japan // Proc. Int. Conf. Meteoroids 2001 (ed. B.Warmbein). – Kiruna (Sweden). – 2001. – P. 123–127. 8. 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. – Vol. 68. – P. 297–301. 9. International Meteor Organization: <http://www.imo.net>. 10. Jopek T.J. "Meteor Data Center of International Astronomical Union". – 2009. – <http://www.astro.amu.edu.pl/~jopek/MDC2007>. 11. Koten P., Spurny P., Borovicka J., Stork R. Catalogue of video meteor orbits. Part 1 // Publ. of the Astron. Inst. of the Academy of Sc. of the Czech Republic. – 2003. – No 91. – P. 1–32. 12. Kozak P.M., Kruchynenko V.G. Formation of the aerosol of space origin in Earth's atmosphere // NASA Technical Report. – CP-2011-216469. – 2011. – P.181–191. 13. Kozak P. "Falling Star": Software for Processing of Double-Station TV Meteor Observations. – Earth, Moon, and Planets, – Vol. 102, N 1–4. – 2008, pp. 277–283. 14. Kozak P. "Falling Star": Software for Processing of Double-Station TV Meteor Observations. – Advances in Meteoroid and Meteor Science. – Editors: Trigo-Rodrigues J.M., Rietmeijer F.J.M., Llorka J., Janches D., Springer, 2008, pp. 277–283. 15. Kruchinenko V.G., Kazantsev A.M., Taranukha Yu.G., Kozak P.M., Yeryomin S.S., Rozhlyo 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. 16. Molau S., Rentdel J. A Comprehensive List of Meteor Showers Obtained from 10 Years of Observations with the IMO Video Meteor Network. – WGN: the Journal of the IMO. – 2009. – P. 90–121. 17. SonotaCo A meteor shower catalog based on video observations in 2007–2008. - WGN, the Journal of the IMO. – 37:2. – 2009. – P. 55. 18. SonotaCo Network Simultaneously Observed Meteor Data Sets SNM2007A", <http://sonotaco.jp/doc/SNM/>. 19. SonotaCo Network Simultaneously Observed Meteor Data Sets SNM2008A", <http://sonotaco.jp/doc/SNM/>. 20. SonotaCo Network Simultaneously Observed Meteor Data Sets SNM2009B", <http://sonotaco.jp/doc/SNM/>. 21. Svoren J., Porubcan V., Neslusan L. Current Status of the photographic meteoroid orbits database and a call for contributions to a new version. – Earth, Moon, and Planets. – V. 102, Nos 1–4. – 2008. – P. 11–14. 22. Vereš P., Tóth J. Analysis of the SonotaCo video meteor orbits // WGN, the Journal of the IMO XX:X (200X) 1. – <http://arxiv.org/abs/1103.4276v1>. 23. Ueda M., Fujiwara Y., Sugimoto M., Kinoshita M. Results of double-station TV observations during 1998 and 1999 // Proc. Int. Conf. Meteoroids 2001 (ed. B.Warmbein). – Kiruna (Sweden). – 2001. – P. 325–330.