

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

П. М. Козак, О. О. Рожило, Ю. Г. Тарануха, В. Г. Кручиненко

Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ

## ПОШУК РАДІАНТІВ МЕТЕОРНИХ ПОТОКІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ БАЗИСНИХ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ 2001 ТА 2003 РОКІВ

---

*Приводяться результати пошуку нових та підтвердження відомих слабких метеорних потоків на основі оригінальних двосторонніх телевізійних спостережень метеорів. Приводяться результати кінематичної обробки вересневих спостережень 2001 р. Спостереження у вересні 2003 р. були опубліковані раніше. Підтвердження відомих метеорних мініпотоків провадиться незалежно для різних років. Пошук нових мініпотоків реалізується лише для 2003 р., однак результати спостережень 2001 р. використовуються для уточнення параметрів нових потоків. Підтверджено сім відомих мініпотоків, з них два за обома роками спостережень. Виділено чотирнадцять компактних груп, які можуть бути новими мініпотоків. Два з них ототожнено з відовими потоками, але пропонується уточнення кінематичних параметрів цих потоків.*

---

### ВСТУП

Класифікація метеорних потоків, встановлення генетичного зв'язку з тілами, що їх породжують, пошук нових слабких метеорних потоків має значення не лише для космогонії Сонячної системи, але й має прикладний аспект, пов'язаний з безпекою космічних польотів. Раптове підвищення активності метеорного потоку може тимчасово збільшити на порядки імовірність зіткнення космічного апарата з метеороїдом, а відтак вивести з ладу наукову апаратуру на супутнику, пошкодити систему життєзабезпечення на пілотованій космічній станції, чи призвести до повної розгерметизації космічного апарата [4].

Передбачення сплеску активності потужних метеорних потоків завдяки дослідженням еволюції орбіт прабатьківських комет (наприклад, передбачення піку активності Леонід в 2001—2002 рр. [9] або Драконід в 2011 р. [10, 14]) дає можливість вжити запобіжні заходи на навколосемних космічних апаратах, наприклад тимчасово закрити орбітальні телескопи. Передбачити підвищення активності для всіх відомих метеорних потоків неможливо через недостатні

знання еволюції орбіт прабатьківських тіл. А для більшості метеорних потоків прабатьківські тіла взагалі невідомі. Крім того, завжди залишається імовірність відкриття нового метеорного потоку, який може давати сплески активності у певні роки. Відтак задача дослідження тонкої структури метеорних роїв та пошуку нових метеорних потоків залишається актуальною і зараз.

У робочому списку сучасної метеорної бази даних Міжнародного астрономічного союзу (MDC IAU) [6, 12] нараховується 366 метеорних потоків, серед яких 64 вважаються надійно встановленими. Однак роботу з підтвердження зареєстрованих або відкриття нових метеорних потоків не завершено. Встановлення належності певної групи метеорів зі схожими кінематичними параметрами до деякого метеорного потоку є фактом ненадійним через структурованість метеорних роїв та еволюцію геліоцентричних орбіт метеорів. Так само, як через еволюцію параметрів орбіти втрачається зв'язок між метеороїдами і їхніми батьківськими тілами, може бути втрачено належність групи метеороїдів до метеорного потоку. Метеороїди певного потоку повільно дисипують до спорадичного фону, а натомість можуть з'являтися нові складові потоку, якщо прабатьківська комета залишається активною.

Час існування метеорного потоку та його інтенсивність залежить від активності комети та періоду її обертання, що обумовлює частоту її проходження через перигелій, де проходить найінтенсивніший викид метеорних частинок з ядра. Крім того, оскільки спостереження метеорного потоку можливі лише при взаємодії космічних частинок з атмосферою Землі, то при визначенні інтенсивності потоку важливим фактором є і близькість орбіти прабатьківської комети до земної орбіти.

Для прикладу розглянемо елементи орбіти комети 1P/Галлея та метеорних потоків, які вона породжує: Оріоніди та  $\eta$ -Аквариди [5]. Обидва потоки є достатньо активними та належать до найпотужніших метеорних потоків, що перетинають земну орбіту. При рухові кометних частинок до перигелію у жовтні спостерігаються Оріоніди, а у травні, після проходження перигелію, —  $\eta$ -Аквариди. Інтенсивність потоків обумовлена високою активністю комети 1P/Галлея та довгим часом її існування. За деякими оцінками [5] кількість її проходжень через перигелій перевищує 3 000. Однак з розгляду елементів орбіти комети та метеорних потоків [5] видно, що деякі елементи орбіти змінюються набагато більше, аніж інші. Так, нахил та ексцентриситет досить мало змінюються з часом: для комети  $i = 162.2^\circ$  та  $e = 0.967$ , а для потоків Оріонід та  $\eta$ -Акварид  $i = 163.9^\circ$ ,  $e = 0.962$  та  $i = 163.9^\circ$ ,  $e = 0.958$  відповідно. Великі ж півосі орбіт та аргументи перигелію змінюються найбільше. Для комети  $a = 17.9$  а. о.,  $\omega = 111.9^\circ$ , для потоків Оріонід та  $\eta$ -Акварид  $a = 15.0$  а. о.,  $\omega = 82.5^\circ$  та  $a = 13.3$  а. о.,  $\omega = 95.2^\circ$  відповідно. Даний факт приймемо до уваги при ототожненні окремих метеорів, отриманих із спостережень, з відомими метеорними потоками.

Метеорна база даних MDC IAU з надходженням нових результатів спостережень динамічно змінюється. Так, наприклад, наймасовіші базисні відеоспостереження японських любителів метеорної астрономії за програмою мережі SonotsCo [13] дали результати кінематичної обробки для 19274 метеорів за 2007 р., 19436 метеорів за 2008 р. та 25940 метеорів за 2009 р., тобто загалом 64650 радіантів окремих метеорів [<http://sonotaco.jp/doc/SNM/>]. Лише за 2007—2008 рр.

[13] було відкрито 24 потенційно нових слабких метеорних потоки, з яких 10 уже увійшли у метеорну базу даних [6], а 14 мають бути ще підтверджені. Крім того, за ці два роки не було підтверджено 26 слабких потоків, що вже внесено у базу даних, а відтак постає питання про їхню реальність.

Міжнародна організація любителів метеорної астрономії ІМО [<http://www.imo.net>] представила результати аналізу односторонніх спостережень [11] 450 000 за останні 10 років. Було підтверджено дев'ять потужних та 44 слабких метеорних потоки, що входять до MDC IAU, та відкрито, на погляд авторів, 12 нових потоків.

Хоча метеорна база даних регулярно доповнюється результатами нових спостережень, однак слід зауважити, що результати спостережень не розподілені рівномірно протягом року, а сконцентровані у межах активності найбільш інтенсивних метеорних потоків. Тому будь-яка достовірна спостережна інформація про метеори є на сьогодні корисною для ідентифікації відомих та пошуку нових слабких метеорних потоків.

В даній роботі ми приводимо результати такої ідентифікації та пошуку метеорних потоків за результатами базисних телевізійних спостережень в Астрономічній обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Спостереження провадилися 21—22 вересня 2001 р. та 19—24 вересня 2003 р. Кінематичні характеристики 80 метеорів 2003 р. приведені в роботі [3]. Результати спостережень 2001 р. коротко приводяться далі.

#### РЕЗУЛЬТАТИ БАЗИСНИХ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ МЕТЕОРІВ У 2001 Р.

Спостереження проводилися зі спостережних станцій обсерваторії, розміщених на базисній відстані 54 км одна від одної, з 18 год 21 вересня до 02 год 22 вересня за UTC одночасно з двох пунктів. За 8 год 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). Після попереднього опрацювання загальна кіль-

кість базисних метеорів, придатних для обробки, склала 18.

Тип та характеристики телевізійних камер, що використовувалися для спостережень, можна знайти в роботі [3]. Методика обробки та опис відповідного програмного забезпечення можуть бути знайдені в роботах [1–3, 7, 8].

У табл. 1 приведено кінематичні характеристики метеора, необхідні для ідентифікації його з метеорним потоком, та деякі інші параметри: мінімальний час життя метеора  $\tau$ , мінімальна довжина  $L$  метеора, мінімальна висота  $H_b$  появи та максимальна висота  $H_e$  зникнення, швидкість на нескінченності  $v_\infty$ , середня квадратична похибка визначення швидкості  $\sigma_v$ , геоцентрична швидкість метеора  $v_{RG}$ , екваторіальні координати геоцентричного радіанта  $\alpha_{RG}$ ,  $\delta_{RG}$ , нахил орбіти  $i$ , аргумент перигелію  $\omega$ , довгота висхідного вузла  $\Omega$ , велика піввісь орбіти  $a$ . Для метеорів №№ 1, 6, 11, які не повністю попали у кадр, приведено верхні або нижні оцінки параметрів.

Як видно, метеори № 8 і № 17 гіперболічні. Метеор № 8 має екстремально велику похибку визначення швидкості — понад 30 %. Настільки

велика похибка зумовлена надзвичайною слабкістю метеора (порядку  $+7^m$ ), а відтак і низькою точністю визначення положення голови метеора. Тому і досить велика оцінка висоти його появи 134.8 км/с не є надійною. Інший гіперболічний метеор № 17, попри його дуже велику швидкість та малий блиск, має малу похибку визначення швидкості — порядку 1 км/с.

#### ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВІДОМИХ МЕТЕОРНИХ ПОТОКІВ

Для ідентифікації метеорів, що спостерігалися у вересні 2001 та 2003 рр., з відомими метеорними потоками з MDC IAU [6] будемо використовувати елементи кластерного аналізу, аналогічно до [13], де для ототожнення використовувалися чотири параметри: екваторіальні координати геоцентричного радіанта, геоцентричні швидкості та час активності потоку (ці дані наведено в MDC IAU майже для всіх потоків). Однак, зважаючи на те що швидкість за телевізійними спостереженнями визначається не дуже надійно (табл. 1), додатково ми будемо користуватися деякими елементами орбіти. Оскільки велика піввісь та

Таблиця 1. Деякі параметри траєкторії метеорів 2001 р. у атмосфері, геоцентричні радіанти та модулі швидкості

| №  | Дата, вересень 2001 р. | UTC      | $\tau$ , с | $L$ , км | $H_b$ , км | $H_e$ , км | $v_\infty$ , км/с | $\sigma_v$ , км/с | $v_{G^*}$ , км/с | $\alpha_{RG^*}$ , град | $\delta_{RG^*}$ , град | $a$ , а.о. | $e$  | $i$ , град | $\omega$ , град | $\Omega$ , град |
|----|------------------------|----------|------------|----------|------------|------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------|------|------------|-----------------|-----------------|
| 1  | 21                     | 18:28:49 | >0.39      | >21.5    | 117.5      | <104.9     | 58.3              | 0.8               | 57.26            | 50.89                  | 57.99                  | 19.2       | 0.96 | 108.5      | 234.8           | 178.5           |
| 2  | 21                     | 18:50:46 | 0.34       | 6.3      | 106.5      | 104.8      | 17.7              | 2.3               | 13.84            | 199.86                 | 30.87                  | 1.4        | 0.41 | 14.8       | 111.4           | 178.5           |
| 3  | 21                     | 19:30:37 | 0.26       | 7.6      | 102.5      | 99.9       | 43.4              | 2.1               | 41.96            | 28.93                  | 8.41                   | 3.7        | 0.98 | 7.9        | 152.7           | 358.5           |
| 4  | 21                     | 20:26:22 | 0.46       | 23.7     | 111.2      | 95.8       | 49.6              | 0.1               | 48.38            | 28.17                  | 68.54                  | 12.2       | 0.93 | 85.0       | 225.2           | 178.6           |
| 5  | 21                     | 20:37:32 | 0.54       | 12.0     | 103.5      | 94.2       | 23.2              | 0.8               | 20.41            | 269.50                 | 54.04                  | 4.2        | 0.76 | 30.3       | 182.2           | 178.6           |
| 6  | 21                     | 21:57:26 | >0.37      | >20.8    | >107.5     | <106.9     | 61.9              | 0.2               | 60.87            | 86.97                  | -2.18                  | 1.9        | 0.49 | 132.9      | 14.7            | 358.6           |
| 7  | 21                     | 21:59:13 | 0.22       | 12.2     | 113.8      | 108.0      | 61.5              | 0.2               | 60.45            | 101.75                 | 57.45                  | 5.1        | 0.81 | 120.0      | 157.0           | 178.6           |
| 8  | 21                     | 22:11:31 | 0.54       | 36.2     | 134.8      | 100.8      | 54.8              | 18.3              | 53.62            | 334.17                 | 62.71                  | -0.6       | 2.44 | 67.3       | 212.8           | 178.7           |
| 9  | 21                     | 22:49:39 | 0.26       | 13.8     | 110.9      | 101.4      | 50.9              | 1.5               | 49.71            | 108.04                 | 73.75                  | 2.8        | 0.64 | 94.0       | 166.0           | 178.7           |
| 10 | 21                     | 22:52:55 | 0.50       | 10.6     | 87.3       | 80.4       | 20.5              | 0.4               | 17.21            | 351.21                 | 7.32                   | 1.8        | 0.62 | 5.6        | 262.3           | 178.8           |
| 11 | 21                     | 22:56:17 | >0.74      | >17.1    | >94.4      | 82.7       | 27.1              | 0.9               | 24.73            | 21.61                  | 1.42                   | 1.1        | 0.75 | 8.2        | 132.9           | 358.6           |
| 12 | 21                     | 23:19:50 | 0.18       | 9.7      | 109.5      | 100.3      | 60.2              | 0.5               | 59.17            | 49.89                  | 46.77                  | 9.1        | 0.94 | 121.2      | 261.1           | 178.7           |
| 13 | 21                     | 23:34:44 | 0.50       | 13.5     | 102.0      | 91.6       | 28.1              | 0.4               | 25.76            | 308.90                 | 62.70                  | 3.3        | 0.71 | 40.5       | 208.9           | 178.7           |
| 14 | 22                     | 0:28:05  | 0.22       | 59.3     | 111.0      | 101.8      | 50.2              | 2.2               | 49.00            | 65.93                  | 38.52                  | 0.8        | 0.64 | 159.7      | 200.5           | 178.7           |
| 15 | 22                     | 0:34:48  | 0.14       | 8.3      | 110.9      | 106.3      | 67.2              | 3.1               | 66.23            | 72.66                  | 37.77                  | 4.8        | 0.82 | 152.0      | 228.9           | 178.7           |
| 16 | 22                     | 1:28:46  | 0.54       | 33.0     | 132.2      | 119.4      | 63.6              | 0.5               | 62.65            | 60.36                  | 26.85                  | 3.2        | 0.86 | 167.2      | 259.5           | 178.8           |
| 17 | 22                     | 1:32:09  | 0.10       | 6.7      | 109.2      | 104.0      | 80.2              | 1.0               | 79.43            | 102.21                 | 33.53                  | -1.0       | 1.90 | 162.8      | 154.2           | 178.8           |
| 18 | 22                     | 1:56:29  | 0.22       | 12.2     | 111.0      | 103.1      | 60.3              | 2.5               | 59.29            | 96.93                  | 46.38                  | 1.5        | 0.35 | 138.5      | 156.7           | 178.8           |

ексцентриситет визначаються безпосередньо за модулем швидкості метеороїда, вони мають також невисоку надійність. Тому будемо використовувати кутові елементи: нахил орбіти та аргумент перигелію. Довготу висхідного вузла будемо використовувати лише для перевірки того факту, що вузол метеороїда залишається аналогічним до вузла потоку, а не зміщеним на 180°. Даний фактор не буде визначальним при малих нахилах орбіт, де висхідний вузол може переходити у низхідний у межах похибок обчислення нахилу орбіти. Оскільки мова йде про слабкі, мало досліджені метеорні рої, час активності потоку залишимо дещо вільним відносно розши-

рення його меж. У будь-якому випадку імовірність коректного визначення належності частинки до певного метеорного потоку залежить від точності обчислення параметрів її орбіти та від заданих меж характеристик потоку. Однак чітких меж розсіяння екваторіальних координат радіанта або швидкості будь-якого потоку немає. При встановленні даних меж можна користуватися розсіянням параметрів за попередніми спостереженнями, якщо такі є. Для слабких метеорних потоків таких спостережень мінімум, а для нових немає взагалі. В роботі [13] використовуються різні межі координат радіанту та швидкості для різних метеорних потоків, однак

Таблиця 2. Час активності метеорних потоків [6] у другій половині вересня, час наших спостережень за 2001 та 2003 рр. та результати підтвердження потоків за даними спостережень

| Метеорні потоки / дата      | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ауригиди                    | <  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| β-Груїди                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Вересневі Линсиди           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| β-Каприкорніди              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| ν-Ериданиди                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Вересневі ι-Кассіпеїди      |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| ε-Ериданиди                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Вересневі ε-Персеїди        |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Вересневі γ-Сагіттариди     |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| ν-Драконіди                 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  | •1 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Вересневі β-Кассіпеїди      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Денні π-Леоніди             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Південні δ-Πісциди          |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    | •1 |    |    |    |    |    |    |    |
| ω-Πісциди                   |    |    |    |    |    |    |    |    | ?  | •1 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Вересневі μ-Аріетиди        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| κ-Аквариди                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| β-Аквариди                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Денні κ-Леоніди             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Вересневі α-Оріоніди        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Денні δ-Леоніди             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Північні δ-Πісциди          |    |    |    |    |    |    |    |    |    | •1 | •1 |    |    |    |    |    |    |    |
| β-Урсиди Майоріс            |    |    |    |    |    |    |    | •1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Денні γ-Віргініди           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Денні Секстантиди           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Жовтневі Каприкорніди       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | •1 |    |    |    |    |    |    |
| Жовтневі δ-Ауригиди         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| σ-Оріоніди                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | •1 |    |    |    |    |    |    |
| Базисні метеори (шт.), 2001 |    |    |    |    |    |    |    | >> | 13 | 5  | << |    |    |    |    |    |    |    |
| Базисні метеори (шт.), 2003 |    |    |    |    |    | >> | 4  | 2  | 11 | 25 | 29 | 9  | << |    |    |    |    |    |

не зазначається, за яким правилом вони вибиралися. Наприклад, для більшості потоків просторове розсіяння координат радіанта допускається у межах 3—9°, розсіяння швидкостей варіює у межах 3—7 км/с, однак для потоків Гемінід та Персеїд допускаються межі 12 та 20 км/с відповідно. Для зменшення фактора суб'єктивності при такій операції ми скористаємося таким підходом. Виберемо довільно максимальні значення меж параметрів і будемо відкидати метеор як неналежний до даного потоку, якщо хоч один з параметрів перевищує встановлені межі. У протилежному випадку при попаданні у межі одного або кількох метеорів будемо по можливості межі зменшувати до мінімальних. Згідно з роботою [13] і результатами порівняння елементів орбіти комети 1P/Галлея та породжених нею метеорних потоків [5] виберемо їх такими: просторове зміщення геоцентричних радіантів  $R_{\max} = 20^\circ$ , відмінність модулів швидкостей  $|\Delta v_{\max}| = 5$  км/с, нахилів  $|\Delta i| = 15^\circ$  та аргументів перигелію  $|\Delta \omega| = 15^\circ$ . Надалі для порівняння будемо використовувати короткі позначення у вигляді  $\{R, |\Delta v|, |\Delta i|, |\Delta \omega|\}$ . Наприклад, для максимально можливого відхилення маємо  $\{20, 5, 15, 15\}$ .

Застосувавши такий підхід окремо до даних спостережень 18 метеорів 2001 р. та 80 метеорів 2003 р., ми отримали результати, приведені в табл. 2. Числа у клітинках означають кількість метеорів, ототожнених з даним потоком, знаки запитання свідчать про ненадійне ототожнення, хоча і в рамках максимальних допусків. Для уникнення плутанини перед результатами 2003 р. поставлено жирну крапку. Клітинки світло-сірого кольору показують час активності метеорного потоку, темно-сірого — дату його максимуму. Назви метеорних потоків в лівій колонці, виділені сірим кольором, показують надійно встановлені метеорні потоки у відповідності до MDC IAU [6]. Кількість метеорів по датах спостережень за різні роки приведена у двох нижніх рядках табл. 2.

Таким чином, за результатами спостережень 2001 р. надійно підтверджено, хоча і малою кількістю метеорів, три метеорних потоки. Вересневі  $\iota$ -Кассіопеїди підтвержені одним метеором № 4  $\{5, 2, \_, \_ \}$ . Для даного метеорного потоку в

MDC IAU не задані елементи орбіти, і час його активності поки що не встановлений. Таким чином, з одного боку ототожнення метеора з потоком базується лише на порівнянні двох параметрів, що знижує достовірність підтвердження. З іншого боку, даний метеор уточнює час активності даного потоку, який не був достовірно відомим. Надійно підтверджено одним метеором № 5 потік  $\nu$ -Драконіди:  $\{7, 1, 3, 8\}$ , та одним метеором № 11 потік Південних  $\delta$ -Пісцид:  $\{5, 2, 2, 2\}$ . Потоки Вересневих  $\varepsilon$ -Персеїд та  $\omega$ -Пісцид підтвержені менш надійно одиночними метеорами № 15  $\{18, 2, 14, 14\}$  та № 10  $\{19, 5, 5, 12\}$ . З чітко встановлених (у відповідності до MDC IAU) п'яти метеорних потоків (див. табл. 2) підтверджено (ненадійно) лише потік Вересневих  $\varepsilon$ -Персеїд метеором № 15. Чотири ототожнених метеори належать до дванадцяти активних за MDC IAU потоків на час спостережень, та один метеор уточнює час активності потоку.

Щодо результатів спостережень 2003 р., то кількість ототожнень значно вища через більшу статистику: надійно підтверджено сім метеорних потоків дев'ятьма метеорами, один слабо підтверджений метеорний потік ( $\beta$ -Ауригиди), встановлено час дії потоку  $\beta$ -Великої Ведмедиці, та розширено на три доби час активності потоку  $\sigma$ -Оріонід. Загалом результати надійності ототожнення приведені в табл. 3. Крім назви

Таблиця 3. Параметри ототожнення  $\{R, |\Delta v|, |\Delta i|, |\Delta \omega|\}$  метеорів 2003 р. з відомими метеорними потоками

| Метеорний потік                   | Дата, вересень 2003 р. | №  | Параметри          | HQ |
|-----------------------------------|------------------------|----|--------------------|----|
| Вересневі $\varepsilon$ -Персеїди | 22                     | 22 | $\{8, 2, 6, 10\}$  | ✓  |
|                                   | 22                     | 25 | $\{15, 2, 6, 10\}$ |    |
|                                   | 22                     | 26 | $\{8, 2, 4, 7\}$   | ✓  |
| $\nu$ -Драконіди                  | 22                     | 37 | $\{2, 2, 3, 6\}$   | ✓  |
| Південні $\delta$ -Пісциди        | 23                     | 44 | $\{9, 3, 1, 10\}$  | ✓  |
| $\omega$ -Пісциди                 | 22                     | 30 | $\{15, 2, 3, 6\}$  |    |
| $\kappa$ -Аквариди                | 22                     | 24 | $\{8, 1, 1, 12\}$  | ✓  |
| $\beta$ -Ауригиди                 | 22                     | 38 | $\{7, 2, 11, 13\}$ |    |
| Північні $\delta$ -Пісциди        | 22                     | 52 | $\{8, 3, 5, 2\}$   | ✓  |
|                                   | 23                     | 19 | $\{7, 3, 3, 2\}$   | ✓  |
| Жовтневі Каприкорніди             | 23                     | 43 | $\{2, 4, 1, 12\}$  | ✓  |
| $\sigma$ -Оріоніди                | 23                     | 58 | $\{5, 4, 4, 12\}$  | ✓  |



підтвердженого потоку, приведено дату реєстрації метеора, його порядковий номер у відповідності до [3], параметри ототожнення та умовний ступінь якості ототожнення HQ. Як видно, при оцінці якості найбільше ігнорувалась розбіжність значень аргумента перигелію, у відповідності до вище сказаного та [5].

Очевидно, найбільшу достовірність підтвердження мають потоки, які підтверджено даними спостережень за обидва роки: це у першу чергу  $\nu$ -Драконіди та Південні  $\delta$ -Пісциди (які у відповідності до MDC IAU не є надійно встановленими) — вони підтверджені метеорами з гарним збігом параметрів за кожен рік. Дещо гірше, але також за обома роками, підтверджено Вересневі  $\varepsilon$ -Персеїди і  $\omega$ -Пісциди.

### ПОШУК НОВИХ МЕТЕОРНИХ ПОТОКІВ

Проблема пошуку нових метеорних потоків початково вирішувалася нами без уваги про належність ряду метеорів уже до певних потоків — відповідний аналіз робився пізніше. Розв'язувалася дана задача схоже до попередньої задачі ототожнення метеорів з уже відомими потоками, та частково у відповідності з методами кластерного аналізу [13]. Очевидно, точка радіанту потенційно нового метеорного потоку заздалегідь невідома — власне це один з параметрів, які і слід знайти. У роботі [13] використовувався підхід, де вибиралася початково довільна компактна група метеорних радіантів, знаходився її центр як середнє арифметичне в екваторіальних координатах, а далі, при встановлених межах граничних параметрів, проводився ітераційний відсів «зайвих» метеорів з подальшим перевизначенням радіанта потоку. Такий підхід може бути оправданий при великій статистиці спостережних даних (у роботі [13] опрацьовувалося 38710 метеорів). При суттєво меншій кількості даних, як у нашому випадку, є можливість приділити більше уваги дрібнішим підгрупам радіантів окремих метеорів з метою пошуку нових мікропотоків. Хоча в обох випадках очевидно залишається елемент суб'єктивізму, пов'язаний з довільним вибором меж граничних характеристик метеорного потоку.

У нашому випадку скористаємося таким підходом. Початково проведемо оглядовий роз-

поділ на небесній сфері метеорних радіантів за вересень 2003 р. Далі виберемо ряд просторово компактних груп радіантів (аналогічно до [13]). Відсіємо з груп метеори, які суттєво відрізняються хоча б за одним з критичних параметрів.

Далі визначалися середні значення та стандартні відхилення наступних характеристик метеорів, що увійшли до вибірки, як можливі середні параметри метеорного мініпотоків: екваторіальних координат геоцентричного радіанта, геоцентричної швидкості  $v_G$ , а також п'яти елементів орбіти  $a$ ,  $e$ ,  $i$ ,  $\omega$ ,  $\Omega$ . Варіаційний підхід до складу вибірки шляхом мінімізації відповідних дисперсій дозволяє перебудовувати вибірку шляхом виключення метеорів з неї, або шляхом розбиття вибірки на декілька незалежних метеорних мікропотоків.

Загалом для метеорів 2003 р. було отримано шість базових вибірок метеорів. Для пояснення практичного використання описаного підходу розглянемо групу № 4 з шести метеорних радіантів, що лежать недалеко від північного полюса світу. На рис. 1 (три зображення проекції небесної сфери на площину, вид ззовні) крім згаданих шести радіантів зображено також компактну близькополюсну групу з чотирьох радіантів та по одному радіанту зліва і знизу, які до розгляду в даний момент не мають стосунку. Крок сітки по прямому сходженню і схиленню складає  $10^\circ$ , суцільна діагональна лінія відповідає нульовому меридіану (початок відліку — зліва внизу). На усіх трьох зображеннях найбільше коло відповідає радіанту потенційного потоку для вибірки з усіх шести метеорів. Для її повного опису та опису інших підвибірок скористаємося табл. 4, де приведено значення параметрів та відповідні стандартні відхилення  $\sigma$ : прямого сходження  $\bar{\alpha}_R$  та схилення  $\bar{\delta}_R$  геоцентричного радіанта, геоцентричної швидкості  $\bar{v}_G$ , п'яти елементів орбіти  $\bar{a}$ ,  $\bar{e}$ ,  $\bar{i}$ ,  $\bar{\omega}$ ,  $\bar{\Omega}$  та максимального відхилення  $\Delta R_{\max}$  радіанта окремого метеора від центра вибірки. (Довгота висхідного вузла відображає положення Землі, і через компактність часового інтервалу спостережень її розсіяння  $\sigma_\Omega$  ми не розглядаємо). Величину  $\Delta R_{\max}$  і будемо вважати радіусом зони радіації метеорного потоку.

Відповідні характеристики максимальної (базової) вибірки приведені у першому рядку

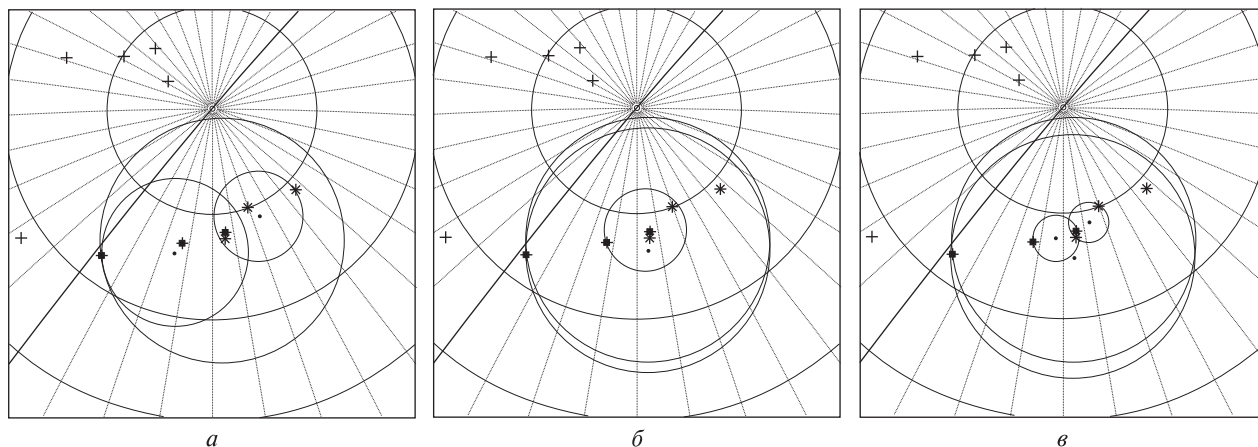


Рис. 1. Проекція небесної сфери на площину (вид ззовні): зображення трьох можливих варіантів розділення початкової вибірки метеорів на менші підвибірки

табл. 4. Як видно, розкид значень швидкостей (3.35 км/с) дещо зavelикий, враховуючи точність наших обчислень (див. табл. 1), зavelикий розкид і нахил орбіт (4.56°). Значення розсіяння аргумента перигелію 11° не є критично великим, зважаючи на дані [5]. Великій півосі та ексцентриситету не будемо надавати великого значення через великі похибки (як наслідок великих похибок модуля швидкості). Однак радіус зони радіації 12° є зavelиким, тому проведемо аналіз вибірки з метою її розбиття на компактніші метеорні підвибірки-мікропотоки.

Результати багатопараметричної варіації приводять до трьох варіантів, зображених на рис. 1. По можливості ми намагалися уникати повного видалення окремого метеора з усіх вибірок при відсутності суттєвого відхилення у параметрах. Також намагалися не робити багато малих підвибірок без критичної необхідності.

Рис. 1, а відповідає поділу вибірки на підвибірки за просторовим розміщенням та нахилом орбіти (див. параметри окремих метеорів у роботі [3]). Добре вони поділяються і за аргументом перигелію (табл. 4, варіанти 1-1 і 1-2). Як видно, радіус зони радіації, розсіяння нахилу орбіти та аргумента перигелію суттєво зменшилися, варіації швидкості в одному випадку дещо зменшилися, в іншому — збільшилися.

Якщо провести селекцію за швидкістю, отримаємо дві інші підвибірки (табл. 4, варіанти 2-1 і 2-2 та рис. 1, б). Не дивлячись на зменшення радіуса однієї з підвибірок, інша залишилась практично такою ж, як і базова вибірка. Розкид швидкостей зменшився, однак дещо збільшились варіації кутових елементів орбіти.

Якщо спробувати усунути недоліки обох варіантів шляхом розбиття вибірки на кілька підвибірок, в даному випадку максимум на три підви-

Таблиця 4. Параметри базової компактної групи та різних підвибірок з групи № 4 метеорних радіантів

| Варіант підвибірки | $\bar{\alpha}_{GR}$ | $\sigma_{\alpha}$ | $\bar{\delta}_{GR}$ | $\sigma_{\delta}$ | $\bar{v}_G$ | $\sigma_v$ | $\bar{a}$ | $\sigma_a$ | $\bar{e}$ | $\sigma_e$ | $\bar{i}$ | $\sigma_i$ | $\bar{\omega}$ | $\sigma_{\omega}$ | $\bar{\Omega}$ | $\Delta R_{\max}$ |
|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| Базова             | 44.44               | 28.34             | 77.35               | 2.62              | 45.77       | 3.35       | 4.84      | 3.29       | 0.73      | 0.14       | 80.27     | 4.56       | 202.92         | 11.11             | 179.56         | 11.64             |
| 1-1                | 25.22               | 21.92             | 75.85               | 2.97              | 44.61       | 4.03       | 2.59      | 0.61       | 0.62      | 0.09       | 76.77     | 1.01       | 211.46         | 1.93              | 179.55         | 7.02              |
| 1-2                | 63.67               | 20.46             | 78.85               | 1.24              | 46.93       | 2.78       | 6.35      | 3.60       | 0.80      | 0.13       | 83.77     | 3.77       | 194.39         | 9.27              | 179.57         | 4.25              |
| 2-1                | 44.25               | 16.17             | 78.36               | 1.59              | 42.86       | 1.01       | 2.66      | 0.44       | 0.63      | 0.07       | 77.97     | 2.13       | 206.61         | 8.03              | 179.88         | 3.92              |
| 2-2                | 44.63               | 41.79             | 76.34               | 3.40              | 48.68       | 1.28       | 8.13      | 2.63       | 0.87      | 0.04       | 82.58     | 5.62       | 199.23         | 14.25             | 179.24         | 11.69             |
| 3-1                | 36.65               | 13.28             | 77.52               | 0.91              | 42.29       | 0.21       | 2.59      | 0.61       | 0.62      | 0.09       | 76.88     | 1.40       | 211.12         | 2.60              | 179.68         | 2.18              |
| 3-2                | 44.13               | 59.08             | 75.73               | 4.57              | 49.41       | 0.21       | 3.91      | 8.59       | 1.16      | 0.37       | 82.10     | 7.86       | 198.04         | 19.94             | 179.72         | 11.61             |
| 3-3                | 52.55               | 9.76              | 78.80               | 1.75              | 45.61       | 2.26       | 4.53      | 2.47       | 0.74      | 0.14       | 81.83     | 2.40       | 199.61         | 2.85              | 179.28         | 1.88              |

**Таблиця 5. Нові мініпотокі, виділені у результаті опрацювання усіх шести компактних груп метеорів за 2003 р.**

| Номер мініпотoku | Кількість метеорів | Номери метеорів          | Примітка             |
|------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|
| 1                | 2                  | {8, 23}                  | Новий                |
| 2                | 6                  | {19, 51, 52, 60, 71, 72} | Північні δ-Пісциди   |
| 3                | 3                  | {6, 10, 27}              | Новий                |
| 4                | 5                  | {15, 38, 42, 46, 65}     | Новий                |
| 5                | 4                  | {14, 22, 25, 26}         | Вересневі ε-Персеїди |
| 6                | 3                  | {39, 59, 79}             | Новий                |
| 7                | 3                  | {29, 69, 77}             | Новий гіперболічний  |
| 8                | 2                  | {11, 64}                 | Новий                |
| 9                | 3                  | {32, 41, 48}             | Новий                |
| 10               | 3                  | {12, 55, 68}             | Новий                |
| 11               | 5                  | {7, 20, 35, 47, 61}      | Новий                |
| 12               | 3                  | {28, 33, 53}             | Новий                |
| 13               | 2                  | {31, 45}                 | Новий                |
| 14               | 4                  | {21, 36, 56, 76}         | Новий                |

бірки по два метеори в кожному, то отримаємо результати, приведені в табл. 4, варіанти 3-1, 3-2, 3-3, та на рис. 1, в. При такому розбитті було доцільно користуватися значенням швидкостей метеорів (див. [3]). Видно, що для варіантів 3-1 і 3-3 для цих пар метеорів дійсно зменшилося розсіяння усіх параметрів (крім швидкості у парі 3-3). Однак, хоча пара 3-2 і показує суттєве зменшення розсіяння швидкості, за всіма іншими параметрами вона знижує імовірність належності даних двох метеорів до одного потоку.

Вибір варіанту належності метеорів з даної базової вибірки до одного потоку чи потоків (тобто необхідність розбиття вибірки на складові) балансує, з одного боку, на фізичній необхідності ділення вибірки взагалі, та з іншого боку на розумінні того факту, що при цільовому (не випадковому) зменшенні вибірки розсіяння параметрів має зменшуватися незалежно від фізичних характеристик. Тобто, чим меншою стає вибірка, тим менші характеристики розсіяння вона демонструє. З урахуванням сказаного вище оптимальним є варіант 1 (рис. 1, а). Його ми за-

**Таблиця 6. Параметри нових метеорних мініпотоків**

| Мініпотік | $\alpha_{GR}$ | $\sigma_\alpha$ | $\delta_{GR}$ | $\sigma_\delta$ | $\nu_G$ | $\sigma_\nu$ | $a$   | $\sigma_a$ | $e$  | $\sigma_e$ | $i$    | $\sigma_i$ | $\omega$ | $\sigma_\omega$ | $R$    | $\Delta R_{max}$ |
|-----------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------|--------------|-------|------------|------|------------|--------|------------|----------|-----------------|--------|------------------|
| 1         | 10.99         | 4.46            | -0.55         | 3.44            | 18.95   | 1.54         | 1.26  | 0.19       | 0.61 | 0.05       | 3.41   | 3.36       | 111.84   | 6.11            | 358.70 | 3.98             |
| 2         | 15.12         | 3.81            | 11.07         | 2.22            | 31.09   | 5.45         | 2.01  | 0.94       | 0.84 | 0.08       | 6.99   | 3.84       | 307.79   | 8.08            | 180.02 | 6.10             |
| 3         | 66.67         | 3.03            | 53.34         | 3.32            | 62.50   | 2.93         | 6.74  | 14.55      | 0.97 | 0.15       | 124.34 | 7.05       | 219.17   | 5.35            | 178.24 | 4.22             |
| 4         | 88.93         | 7.50            | 51.52         | 2.23            | 62.86   | 4.28         | 3.76  | 2.12       | 0.66 | 0.19       | 130.47 | 4.36       | 185.56   | 23.49           | 179.44 | 6.18             |
| (4*)      | 91.90         | 8.08            | 51.63         | 3.68            | 62.00   | 3.80         | 2.67  | 3.09       | 0.73 | 0.33       | 130.12 | 6.45       | 177.35   | 23.75           | 179.23 | 8.14             |
| 5         | 65.72         | 7.99            | 41.05         | 1.96            | 65.38   | 2.17         | 12.74 | 6.87       | 0.95 | 0.10       | 142.78 | 7.03       | 237.64   | 16.72           | 178.94 | 7.43             |
| (5*)      | 67.11         | 7.59            | 40.40         | 2.24            | 65.55   | 1.92         | 6.72  | 10.81      | 0.93 | 0.10       | 144.63 | 7.35       | 235.89   | 15.00           | 178.89 | 5.19             |
| 6         | 78.30         | 7.19            | 29.71         | 4.45            | 64.03   | 1.73         | 2.15  | 0.93       | 0.56 | 0.20       | 167.09 | 7.68       | 233.73   | 23.93           | 179.93 | 8.20             |
| (6*)      | 73.82         | 10.72           | 28.99         | 3.90            | 63.69   | 1.57         | 2.41  | 0.92       | 0.63 | 0.23       | 167.12 | 6.27       | 240.17   | 23.40           | 179.65 | 12.08            |
| 7         | 69.66         | 7.99            | 34.53         | 4.91            | 87.43   | 15.36        | -1.86 | 2.64       | 3.09 | 2.00       | 160.15 | 8.26       | 213.65   | 2.80            | 179.93 | 8.65             |
| 8         | 126.52        | 0.71            | 53.58         | 2.66            | 56.04   | 1.77         | 3.36  | 0.59       | 0.79 | 0.04       | 112.19 | 4.66       | 108.65   | 1.10            | 179.25 | 1.91             |
| 9         | 25.22         | 21.92           | 75.85         | 2.97            | 44.61   | 4.03         | 2.59  | 0.61       | 0.62 | 0.09       | 76.77  | 1.01       | 211.46   | 1.93            | 179.55 | 7.02             |
| 10        | 63.67         | 20.46           | 78.85         | 1.24            | 46.93   | 2.78         | 6.35  | 3.61       | 0.80 | 0.13       | 83.77  | 3.77       | 194.39   | 9.27            | 179.57 | 4.25             |
| 11        | 274.99        | 10.25           | 78.38         | 6.06            | 30.91   | 2.22         | 2.42  | 0.58       | 0.57 | 0.11       | 52.39  | 4.65       | 184.12   | 4.55            | 179.38 | 9.89             |
| 12        | 321.61        | 5.14            | 5.31          | 4.74            | 10.61   | 4.50         | 2.37  | 0.92       | 0.55 | 0.23       | 5.46   | 2.59       | 220.52   | 4.18            | 179.52 | 7.49             |
| 13        | 346.90        | 2.45            | 20.14         | 1.20            | 20.98   | 5.99         | 3.40  | 2.32       | 0.73 | 0.20       | 15.30  | 4.42       | 257.62   | 2.09            | 179.66 | 1.84             |
| 14        | 347.50        | 4.80            | 1.55          | 3.88            | 18.56   | 2.09         | 2.87  | 0.54       | 0.74 | 0.05       | 3.56   | 2.38       | 250.84   | 7.60            | 179.68 | 6.29             |
| (14*)     | 348.24        | 4.48            | 2.71          | 4.24            | 18.29   | 1.91         | 2.66  | 0.67       | 0.72 | 0.07       | 3.96   | 2.25       | 253.13   | 8.34            | 179.51 | 6.52             |

Зірочками позначено уточнені варіанти мініпотоків №№ 4, 5, 6 та 14, утворені після додавання до них метеорів 2001 р.



лишимо як кінцевий результат для даної групи метеорів.

У результаті опрацювання усіх шести компактних груп метеорів було виділено 14 нових мініпотоків. У табл. 5 приведено кількість метеорів 2003 р., що формують даний мініпотік, їхні номери у відповідності до [3], класифікацію та внутрішній номер мініпотіку. Середні параметри потенційно нових мініпотоків приведено в табл. 6.

Слід зауважити про можливу випадковість об'єднання метеорів у певні структури, користуючись лише результатами спостережень за один рік. Але в кінцевому варіанті висновки про мініпотіки, зроблені за результатами спостережень 2003 р., уточнюються з використанням даних спостережень 2001 р.

Наступним кроком після виділення ряду нових мініпотоків за 2003 р. має бути перевірка метеорів, що раніше були зараховані до відомих потоків як ненадійне їхнє підтвердження, на предмет більшої близькості за критичними параметрами до нових мініпотоків. Так, метеорний потік  $\omega$ -Пісцид був ненадійно підтверджений метеорами № 10 (2001 р.) і № 30 (2003 р.). Однак після зіставлення параметрів цих метеорів з параметрами нових мініпотоків було встановлено, що метеор № 10 (2001 р.) значно ближчий до нового мініпотіку № 14 (табл. 6). Тому для підтвердження потоку  $\omega$ -Пісцид залишається один метеор № 30 (2003 р.). Метеор № 38 (2003 р.), який досить ненадійно підтверджував потік  $\beta$ -Ауригід (див. табл. 3), виявився набагато ближчим до нового мініпотіку № 4 (табл. 6).

Далі слід перевірити метеори 2001 р. на можливість належності до нових мініпотоків за критичними параметрами. Так, наприклад, новий мініпотік № 4 (табл. 6) складався з п'яти метеорів 2003 р. (№№ 15, 38, 42, 46, 65). Виявилося, що два метеори 2001 р. № 7 та № 18 також дуже близькі за параметрами до нового мініпотіку.

В ряді випадків нові мініпотіки асоціювалися нами з відомими потоками за близькістю більшості параметрів. Так новий мініпотік № 2 (табл. 6) вважаємо потоком Північних  $\delta$ -Пісцид. Але оскільки просторово радіант потоку Північних  $\delta$ -Пісцид лежить за межами зони радіації нового мініпотіку № 2, то пропонуються нові

координати для радіанта Північних  $\delta$ -Пісцид. Аналогічно з новим потоком № 5 (табл. 6) — чотири метеори 2003 р. та один 2001 р. — він асоціюється нами з встановленим потоком Вересневих  $\epsilon$ -Персеїд, хоча радіант останнього також виходить за межі радіації нового потоку. Тому в цьому випадку також пропонуються нові координати радіанта Вересневих  $\epsilon$ -Персеїд. З іншого боку, є нові мініпотіки (№ 4 у табл. 6), в зоні радіації яких та поряд лежать кілька радіантів відомих потоків (Жовтневі  $\delta$ -Ауригиди та Вересневі Лінсиди), однак за всіма іншими параметрами вони різняться.

Цікавою є група гіперболічних метеорів, яку ми об'єднали в один мініпотік № 7 (табл. 6). Хоча швидкість метеорів розраховувалась з великими похибками, дані метеори утворюють відносно компактну групу, а крім того, добре узгоджуються за іншими параметрами.

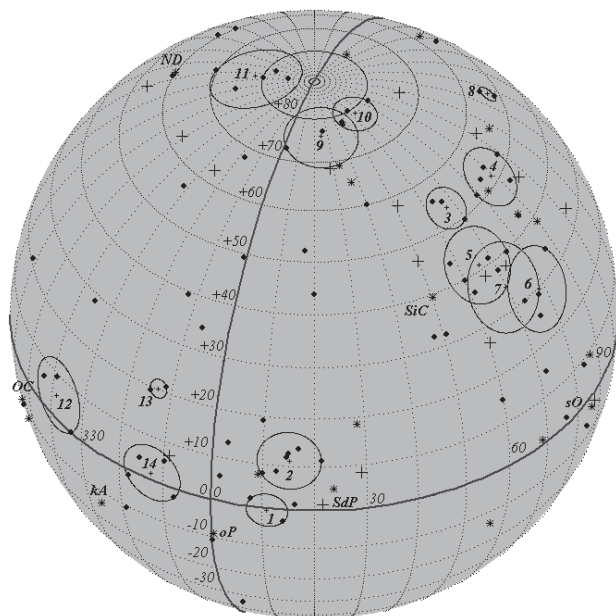
## ВИСНОВКИ

Приведено результати ототожнення метеорів з відомими метеорними потоками та відкриття нових мініпотоків за результатами спостережень 2001 та 2003 рр.

Підтверджено активність таких метеорних потоків (див. рис. 2):

- Вересневі  $\iota$ -Кассіопеїди (SiC) одним метеором № 4 (2001 р.);
- $\nu$ -Драконіди (nD) двома метеорами № 5 (2001 р.) і № 37 (2003 р.);
- Південні  $\delta$ -Пісциди (SdP) двома метеорами № 11 (2001 р.) і № 44 (2003 р.);
- $\omega$ -Пісциди ( $\omega$ P, рис. 2) одним метеором № 30 (2003 р.);
- $\kappa$ -Аквариди ( $\kappa$ A) одним метеором № 24 (2003 р.);
- Жовтневі Каприкорніди (OC) одним метеором № 43 (2003 р.);
- $\sigma$ -Оріоніди (sO) одним метеором № 58 (2003 р.).

Щодо нових чотирнадцяти мініпотоків, то більшість інформації не змінилася (табл. 6 та рис. 2). Лише потоки №№ 4, 5, 6 та 14 зазнали змін; відповідні параметри позначено у табл. 6 зірочками. Потік № 4 було доповнено двома метеорами 2001 р.: № 7 і № 18, мініпотік № 5 — метеором № 15 (2001 р.);



**Рис. 2.** Проекція небесної сфери на площину (вид ззовні). Хрестики — метеори 2001 р. (табл. 1), точки — метеори 2003 р. [3], зірочки — радіанти відомих потоків [6], кола з центрами — нові мініпотенці (кутовий радіус кола відповідає максимальній зоні радіації), літери — підтверджені потоки з [6], див табл. 2: SiC — Вересневі  $\epsilon$ -Персеїди, nD —  $\nu$ -Драконіди, SdP — Південні  $\delta$ -Пісциди, oP —  $\omega$ -Пісциди, kA —  $\kappa$ -Аквариди, OC — Жовтневі Каприкорніди, sO —  $\sigma$ -Оріоніди

мініпотік № 6 — метеором № 16 (2001 р.), мініпотік № 14 — метеором № 10 (2001 р.).

Таким чином, ми підтвердили сім слабких метеорних потоків з роботи [6]. Два потоки — Північні  $\delta$ -Пісциди та Вересневі  $\epsilon$ -Персеїди — підтверджено з уточненням їхніх параметрів, включно із координатами радіантів і елементами орбіти. Пропонуються до розгляду параметри дванадцяти метеорних мініпотенці як нових (табл. 6, рис. 2). На рис. 2 нові мініпотенці нумеровані у відповідності до табл. 6, зони радіації — лише за 2003 р., тобто також у відповідності до табл. 6 (у більшості випадків доповнення потоків метеорами 2001 р. зони мають бути розширені у відповідності із параметрами табл. 6, позначені зірочками).

1. 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.

2. 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.
3. 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.
4. Кручиненко В. Г., Козак П. Н. Взрывные кратеры на поверхности космических аппаратов, образованные метеороидами и частицами космического мусора // Космічна наука і технологія. — 2001. — **7**, № 5/6. — С. 71—74.
5. Hughes D. W. P/Halley dust characteristics: a comparison between Orionid and Eta Aquarid meteor observations and those from the flyby spacecraft // Astron. and Astrophys. — 1987. — **187**, N 1-2. — P. 879—888.
6. Jopek T. J. Meteor Data Center of International Astronomical Union. — 2009. — <http://www.astro.amu.edu.pl/~jopek/MDC2007>.
7. Kozak P. «Falling star»: Software for processing of double-station TV meteor observations // Earth, Moon and Planets. — 2008. — **102**, N 1-4. — P. 277—283.
8. Kozak P. «Falling star»: Software for processing of double-station TV meteor observations // Advances in Meteoroid and Meteor Science / Eds J. M. Trigo-Rodrigues, F. J. M. Rietmeijer, J. Llorca, D. Janches. — Springer, 2008. — P. 277—283.
9. Lyytinen E., van Flandern T. Predicting the strength of Leonid outbursts // Earth, Moon and Planets. — 1998. — **82/83**. — P. 149—166.
10. Maslov M. Future Draconid outbursts (2011—2100) // WGN, the Journal of the IMO. — 2011. — **39**, N 3. — P. 64—67.
11. 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. — **37**, N 4. — P. 98—121.
12. 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. — 2008. — **102**, N 1-4. — P. 11—14.
13. SonotaCo A meteor shower catalog based on video observations in 2007—2008 // WGN, the Journal of the IMO. — **37**, N 2. — 2009. — P. 55—62.
14. Vaubaillon J., Watanabe J., Sato M., et al. The coming 2011 Draconids meteor shower // WGN, the Journal of the IMO. — 2011. — **39**, N 3. — P. 59—63.

Надійшла до редакції 28.11.11

*P. M. Kozak, O. O. Rozhilo, Yu. G. Taranukha,  
V. G. Kruchynenko*

A SEARCH FOR METEOR SHOWER RADIANTS  
FROM RESULTS OF DOUBLE-STATION  
TV OBSERVATIONS IN 2001 AND 2003

We give some results of a search for new faint meteor showers and of confirmation of existent one on the basis of original double-station TV observations of meteors. Our results of kinematical processing of the observations made in September 2001 are presented. The observations carried out in Septem-

ber 2003 were published earlier. The confirmation of the existent mini-showers are performed independently for the different years. A search of new mini-showers is made for the year 2003 only, but the results of the observations made in 2001 are used to improve parameters of new showers. Seven existent mini-showers are confirmed; two of them are confirmed on the basis of the observations during both intervals. Besides, 14 compact groups are selected which can be considered as new mini-showers. Two of them are identified with existent showers, but we propose a more accurate values for mean kinematical parameters of these showers.