

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
“МИКОЛАЇВСЬКА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ”

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КУЛІЧЕНКО МИКОЛА ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 521.9+521.98

ДИСЕРТАЦІЯ

**КАТАЛОГ ЕЛЕМЕНТІВ ГЕЛІОЦЕНТРИЧНИХ ОРБІТ МЕТЕОРОЇДІВ ЗА
РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ**

01.03.01 – Астрометрія і небесна механіка

104 – Фізика та астрономія

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
(доктора філософії)

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів
і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ (М.О. Куліченко)

Науковий керівник:

Шульга Олександр Васильович,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Київ – 2019

АНОТАЦІЯ

Куліченко М.О. Каталог елементів геліоцентричних орбіт метеороїдів за результатами телевізійних спостережень. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук (доктора філософії) за спеціальністю 01.03.01 «Астрометрія і небесна механіка» - Національний авіаційний університет, Київ, 2019.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.03.01 астрометрія і небесна механіка – Національний авіаційний університет, Київ, 2018.

Дисертація присвячена створенню каталогу кінематичних параметрів та елементів геліоцентричних орбіт метеороїдів, що спостерігалися в атмосфері Землі як метеорні явища телескопами НДІ «МАО» в 2013-2016 рр. Спостереження проводились з двох пунктів за допомогою телевізійних ПЗЗ-камер із застосуванням способу накопичення кадрів зі зміщенням при спостереженні опорних зір. Ще однією особливістю спостережень є використання об'єктивів з фокусною відстанню більше 50 мм, що дозволило проводити спостереження на базисній відстані між пунктами спостережень 11.7 км та реєструвати метеорні тіла з масами < 0.01 г.

В результаті отримано каталог кінематичних параметрів атмосферних метеорних траєкторій та елементів геліоцентричних орбіт для 1055 метеороїдів. Для визначення похибок розрахунку елементів геліоцентричних орбіт

впроваджено метод Монте-Карло. Похибка визначення швидкостей складає 0.5 км/с, висот — 50-150 м.

Проведено порівняння отриманого каталогу з іншими відкритими базами даних, в тому числі й для діапазону мас метеорних тіл < 0.01 г, та проведена оцінка співвідношення тіл астероїдного та кометного походження для даного діапазону мас. Частка орбіт астероїдного типу становить 38 % для всіх метеороїдів, що складають каталог, і 2.5% для метеороїдів з масами < 0.01 г.

Ключові слова: метеорне явище, метеороїд, телевізійні спостереження, спосіб накопичення зі зміщенням.

Публікації у наукових фахових виданнях

1. Куличенко Н.А. Использование ТВ-камер для наблюдений метеоров / Н.А. Куличенко, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга // Космічна наука і технологія. – 2012. – Т. 18, № 6. – С. 67–72.
2. Куличенко Н.А. Телевизионные наблюдения метеоров в НИИ НАО / Н.А. Куличенко, А.В. Шульга, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова // Вестник Астрономической школы. – 2013. – Т. 9 №№ 1–2. – С. 107–110.
3. Kulichenko N. Double station observation of meteors in Nikolaev / N. Kulichenko, O. Shulga, Y. Kozyrev, Y. Sybiryakova // WGN. – 2015. – V. 43, No. 3. – P. 81–84.
4. Вовк В.С. Наблюдения АСЗ малых размеров и в условиях малой солнечной элонгации / В.С. Вовк, Н.А. Куличенко, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга // Кінематика та фізика небесних тіл. – 2015. – Т.31, №3. – С.73–80.
5. Сибирякова Е.С. Позиционные наблюдения комет комбинированным методом / Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга, В.С. Вовк, Н.А. Куличенко,

Е.С. Козырев // Кинематика и физика небесных тел. – 2015. – Т.31, №6. – С. 47–54.

6. Kulichenko M.O. Double station observation of meteors with low baseline in Mykolaiv / M.O. Kulichenko, O.V. Shulga // Odessa Astronomical Publications. – 2017. – V. 30. – P. 230–231.

Праці, що додатково відображають наукові результати дисертації

7. Куличенко Н.А. Базисные наблюдения телескопических метеоров в Николаеве / Н.А. Куличенко, А.В. Шульга, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова // Наука і інновація. – 2017. – 13(1). – С. 83–88.
8. Куличенко М.О. Автоматичне виділення та аналіз траєкторій метеорів ("TraEx"). / М.О. Куличенко // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 75259 від 07.12.2017.
9. Shulga O. The current state and prospects for meteors observations in RI NAO / O. Shulga, Y. Kozuryev, Y. Sybiryakova, N. Kulichenko, V. Vovk // Abstract Book of IAU XXVIII General Assembly. – Beijing. – 2012.– P. 885–886.
10. Kulichenko N. Video meteor observations at Nikolaev Astronomical Observatory-developed software and results / N. Kulichenko, O. Shulga, Y. Kozuryev, Y. Sybiryakova // Proceedings of the International Meteor Conference, Poznan, Poland, 22-25 August 2013. – 2014. – P. 50.
11. Куличенко Н.А. Результаты наблюдений метеоров в оптическом диапазоне / Н.А. Куличенко // XIV міжнародна науково-практична конференція «Людина і Космос»: тези доповідей, 2012, Дніпропетровськ. – 2012. – С.149.
12. Куличенко Н.А. Телевизионные наблюдения метеоров в НИИ НАО / Н.А. Куличенко, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга //

- Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених», Україна, Біла Церква, 15–17 травня 2013 р.: Програма і тези доповідей, Київ – Біла Церква. – 2013. – С. 37–38.
13. Куличенко Н.А. Средства и методы наблюдений метеоров применяемые в Николаевской астрономической обсерватории / Н.А. Куличенко, В.С. Вовк, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга // Сборник тезисов международной конференции «Околосемная астрономия – 2013». – Краснодар. – 2013. – С.106–107.
 14. Козырев Е.С. Применение комбинированного метода наблюдения для решения задачи астероидно-метеорной опасности / Е.С. Козырев, Н.А. Куличенко, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга // Статті і тези VI Міжнародної астрономічної конференції САММАС-2014 – Вінниця. – 2014. – С.71-72.
 15. Куличенко Н.А. Базисные наблюдения метеоров в НИИ Николаевская астрономическая обсерватория / Н.А. Куличенко, А.В. Шульга, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова // Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених». Програма і тези доповідей. Київ — Житомир. – 2015. – С.49.
 16. Shulga A. Optical observations of meteors in RI Nikolaev Astronomical Observatory / A. Shulga, Y. Sybiryakova, N. Kulichenko, V. Vovk // IAU General Assembly. Meeting #29. – 2015. – id.#2256807.
 17. Shulga O. The current state and prospects for meteors observations in RI NAO / O. Shulga, N. Kulichenko, V. Vovk, Y. Kozhyrev, Y. Sybiryakova // Highlights of Astronomy. – 2015. – V.16. – P. 183–183.
 18. Kulichenko M. Double station observation of faint meteors in Nikolaev / M. Kulichenko, A. Shulga, Y. Sybiryakova // 41st COSPAR Scientific Assembly, abstracts from the meeting that was to be held 30 July - 7 August

- at the Istanbul Congress Center (ICC), Turkey, but was cancelled. – 2016. – Abstract B0.4-74-16.
19. Kulichenko M. Double station observation of faint meteors in Nikolaev / M. Kulichenko, O. Shulga, Y. Kozyryev, Y. Sybiryakova // Actual Questions of Ground-based Observational Astronomy. International Conference. Abstract Book. – Mykolaiv. – 2016. – P. 18.
20. Kulichenko M. Observation of telescopic meteors in Nikolaev. / M. Kulichenko, O. Shulga, Y. Kozyryev, Y. Sybiryakova // International meeting on variable stars research (KOLOS 2016), Slovakia, 01-03.12.2016. Book of abstracts. – 2016. – P.7.
21. Kulichenko M.O. Double station observation of meteors with low baseline in Mykolaiv / M.O. Kulichenko, O.V. Shulga // Abstract book of 17-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School, Ukraine, Odessa. – 2017. – P.39.
22. Kulichenko M.O. Radiants and orbital data distribution of meteors observed in Mykolaiv / M.O. Kulichenko, O.V. Shulga // Abstract book of 18-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School, Ukraine, Odessa. – 2018. – P.47.

ABSTRACT

Kulichenko M.O. Catalog of meteoroid heliocentric orbits obtained from television observations. – Manuscript.

Thesis for a degree of the candidate in Physics and Mathematics sciences on specialty 01.03.01 – Astrometry and Celestial Mechanics. – National Aviation University, Kyiv, 2019.

The thesis refers to creation of kinematic parameters and heliocentric orbital elements catalog of meteoroids which observed in Earth atmosphere as meteors by RI “MAO” telescopes in 2013-2016. Double station observations were conducted by TV CCD-cameras using “track-and-stack” technique for obtaining of reference stars frames. One more feature of the observations is that lens with focal length > 50 mm were used and it has gave the possibility of short baseline (11.7 km) using and detecting of meteoroids with masses < 0.01 g.

As a result the catalog of kinematic parameters of atmospheric trajectories and heliocentric orbital elements for 1055 meteoroids was obtained. A Monte-Carlo method was implemented for estimation of heliocentric orbital elements accuracy. Accuracy of velocity calculation is about 0.5 km/s, accuracy of height calculation – (50-150) m.

A comparison of the obtained catalog with other open databases for the range of masses of meteor bodies < 0.01 g was made and an estimation of the ratio of bodies of asteroid and comet origin for this range of masses was carried out. The share of orbits of the asteroid type is 38% for all meteoroids of the catalogs, and 2.5% for meteoroids with mass < 0.01 g.

Keywords: meteor, meteoroid, heliocentric orbit, video observations of meteors, “track-and-stack” technique.

ЗМІСТ

Список умовних позначень та скорочень	11
Вступ	13
Розділ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТЕОРІВ В ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ	20
1.1 Огляд метеорних мереж	21
1.1.1 США-Канада	21
1.1.2 Європа	23
1.1.3 Японія	26
1.1.4 Країни СНД	28
1.2 Програмне забезпечення по спостереженню й обробці метеорних траекторій.....	31
1.3 Каталоги і бази даних	32
Висновки до розділу 1	35
Розділ 2. ТЕХНІКА І МЕТОДИ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ МЕТЕОРІВ	36
2.1 Принцип роботи телевізійної ПЗЗ-камери. Режими роботи	36
2.2 Оцифровка аналогового сигналу	39
2.3 Спосіб накопичення кадрів зі зміщенням	39
2.4 Комплекс метеорних телескопів НДІ “МАО”	43
2.5 Методика проведення спостережень в НДІ “МАО”	46
2.5.1 Детектування метеорів	46
2.5.2 Синхронізація спостережень	47
2.5.3 Оцінка ефективності реєстрацій метеорів	48
2.6 Комплекс програм для обробки результатів спостережень	49
2.6.1 Комплекс програм TraEx	49

2.6.2 Виділення траєкторії метеора в ручному режимі	50
2.6.3 Програмне забезпечення для розрахунку кінематичних параметрів і елементів геліоцентричних орбіт метеороїдів	52
Висновки до розділу 2	53
Розділ 3. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ МЕТЕОРІВ	54
3.1 Астрометрична редукція спостережень	54
3.1.1 Обробка кадрів з опорними зорями	54
3.1.2 Виділення траєкторії метеора. Отримання екваторіальних координат фотометричних центрів метеорних зображень	56
3.2 Обчислення параметрів метеорної траєкторії за односторонніми спостереженнями	57
3.2.1 Довжина траєкторії і тривалість метеорного явища	58
3.2.2 Зоряна величина метеора	59
3.2.3 Апроксимація траєкторії великим колом. Полюси. Похибки полюсів	60
3.2.4 Кутові швидкості	62
3.3 Чисельність метеорів. Добові та погодинні числа	64
3.4 Обчислення параметрів метеорної траєкторії за базисними спостереженнями	65
3.4.1 Радіанти	66
3.4.2 Системи координат. Формули перетворення	68
3.4.3 Кінематичні параметри атмосферної траєкторії. Висоти і географічні координати. Швидкості	71
3.4.4 Поправки координат радіанта	72
3.4.5 Геліоцентричний вектор руху метеороїда	73
3.4.6 Елементи геліоцентричної орбіти метеороїда	73
3.4.7 Метод Монте-Карло	76

Висновки до розділу 3	80
Розділ 4. КАТАЛОГ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І ЕЛЕМЕНТІВ ГЕЛІОЦЕНТРИЧНИХ ОРБІТ МЕТЕОРОЇДІВ	81
4.1 Аналіз параметрів атмосферної траєкторії метеорного тіла	81
4.1.1 Зв'язок параметрів атмосферної траєкторії із зоряною величиною	84
4.2 Радіанти. Метеорні потоки і спорадичний фон	84
4.2.1 Ототожнення індивідуальних метеорів з відомими метеорними потоками	85
4.3 Елементи геліоцентричних орбіт. Діаграми і розподілення	94
4.4 Фотометричні маси як статистичний критерій	98
4.5 Порівняння з іншими каталогами	100
4.5.1 Загальне порівняння	100
4.5.2 Порівняння для діапазону мас < 0.01 г	102
Висновки до розділу 4	106
Висновки	107
Перелік цитованих джерел	109
Додаток А. Каталог елементів геліоцентричних орбіт метеороїдів, що спостерігались в НДІ “МАО” в 2013-2016 рр.	126

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АО ОНУ	Астрономічна обсерваторія Одеського національного університету
ЕОП	Електронно-оптичний перетворювач
ІА АНРТ	Інститут астрономії Академії наук Республіки Таджикистан
НДІ “МАО”	Науково-дослідний інститут “Миколаївська астрономічна обсерваторія”
ПВКМТ	Полюс великого круга метеорної траєкторії
ПЗ	Програмне забезпечення
ПЗЗ	Прилади із зарядовим зв’язком
СНЗ	Спосіб накопичення зі зміщенням
ТМ	Телескоп метеорний
ASGARD	All Sky and Guided Automatic Realtime Detection
CABERNET	CAmera for BEtter Resolution NETwork
CAMS	Allsky Cameras for Meteor Surveillance
CILBO	Canary Island Long Base Oservatory
DMS	Danish Meteor Society
ECEF	earth-centered, earth-fixed (geodetic coordinate system)
EDMOND	European viDeo MeteOr Network Database
EFN, EN	European Fireball Network
ENU	East-North-Up
ESA	European Space Agency
FIDAC	Fireball Data Center
ICRF	International Celestial Reference Frame
IMO	International Meteor Organisation (Міжнародна метеорна організація)
IMO VMN	IMO Video Meteor Network
MDC	Meteor Data Center (Центр метеорних даних)

MORP	Meteorite Observation and Recovery Project
NEMETODE	Network for Meteor Triangulation and Orbit Determination
NFC	Narrow-Field Camera
PFN	Polish Fireball Network
PN	Prairie Network
SOMN	Southern Ontario Meteor Network
SPMN	Spanish Meteor Network
SCAMP	Software for Calibrating AstroMetry and Photometry
TMN	Tokyo Meteor Network
VMO	Virtual Meteor Observatory
UKMON	United Kingdom Meteor Observation Network

ВСТУП

Дисертація присвячена створенню каталогу елементів орбіт метеороїдів, кінематичних та позиційних параметрів їх атмосферних траєкторій, отриманих за результатами оптичних спостережень з використанням способу накопичення зі зміщенням (СНЗ) для отримання кадрів з опорними зорями у поєднанні з алгоритмом детектування метеорів у режимі реального часу [100, 122, 123, 124].

Актуальність теми. Метеор — світлове та інші явища, що його супроводжують (тепло, удар, іонізація), які виникають внаслідок вторгнення твердого тіла (що має назву метеороїда) в газову атмосферу планети на високій швидкості. Вивчення метеороїдів та явищ, що виникають внаслідок їх входження в атмосферу Землі, має значний науковий та практичний інтерес для отримання даних про походження та еволюцію Сонячної системи, вивчення фізики планетних атмосфер, а також для вирішення проблеми астероїдно-метеороїдної безпеки [102, 128, 129, 138].

За різними оцінками доплив космічних тіл в земну атмосферу складає від 3 до 1400 тонн на добу. Розходження оцінок на три порядки викликане недостатньою точністю визначення допливу речовини у різних діапазонах мас, особливо найменш вивченими є тіла в діапазоні 10^{-9} – 10^{-5} кг, найменші тіла, що спостерігаються в атмосфері Землі оптичними та радіолокаційними засобами. Найбільший внесок у доплив роблять спорадичні метеори, відсоток потокових метеорів становить не більше ніж (2–3) % [30].

Визначальною характеристикою метеорного потоку є положення радіанта — області на небесній сфері, в якій перетинаються зворотні продовження метеорних траєкторій, що належать до одного потоку. Знання екваторіальних координат радіанта і геоцентричної швидкості метеора

дозволяє розрахувати вектор руху, елементи орбіти метеороїда та ідентифікувати тіло, що утворило потік [27]. Аналіз розподілень елементів орбіт метеороїдів для різних діапазонів мас дозволяє уточнити знання про розподілення малих тіл в Сонячній системі і про ймовірність зіткнення потенційно небезпечних тіл із Землею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи пов'язані з науково-дослідними роботами, що проводилися в НДІ “МАО” Міністерства освіти і науки України:

“Изучение динамики орбитального движения объектов околоземного космического пространства по результатам наблюдений наземными оптическими и радиотехническими средствами” („ФАВОР”), номер державної реєстрації 0111U000084, 2011– 2013 рр.

“Визначення високоточних координат об'єктів природного походження, що максимально наблизились до Землі, із застосуванням оригінальних ПЗЗ-технологій” (“Метеороїд”), номер державної реєстрації 0110U000259, 2010– 2012 рр.

Дослідження астероїдів, комет та метеорів для задач астероїдно-кометної безпеки оптичними та радіотехнічними засобами (“АсКом”). 2013—2015 рр., №0113U003109.

Вивчення кінематичних характеристик малих тіл Сонячної системи за результатами наземних оптичних спостережень (“МОНІТОР”). 2016— 2018 рр.

Автор брав участь у виконанні всіх вищезгаданих робіт.

Мета і задачі дослідження. Створення каталогу елементів орбіт метеорів, кінематичних та динамічних параметрів їх траєкторій, отриманих за результатами односторонніх та базисних оптичних ПЗЗ-спостережень з використанням СНЗ.

Поставлена мета розв'язувалась виконанням таких завдань:

1. Впровадження в практику оптичних спостережень метеорів комбінованого методу ПЗЗ спостережень.
2. Ведення односторонніх та базисних спостережень метеорів в автоматичному режимі.
3. Розробка методик та програмного забезпечення (ПЗ) для первинної обробки даних за даними односторонніх спостережень.
4. Розробка програмного забезпечення для обчислення радіантів, векторів руху та елементів орбіт за даними базисних спостережень.
5. Формування каталогу елементів геліоцентричних орбіт, позиційних, кінематичних та фотометричних параметрів метеорних явищ у форматі для відправки у світові бази даних.

Об'єкт дослідження – метеорні явища.

Предмет дослідження – екваторіальні координати метеорів та їх радіантів, кінематичні параметри метеорної траєкторії, елементи геліоцентричної орбіти (вектор руху) метеороїдів.

Методи досліджень. З використанням СНЗ створено мережу автоматичних оптичних метеорних телескопів (МТ), які розміщено на відстані 11.7 км один від одного. Цілодобово працюючі МТ мають неперервний доступ до мережі Інтернет, що забезпечує формування баз даних спостережень у режимі реального часу. Обробка метеорних спостережень з використанням модифікованих формул координатної редукції забезпечує розрахунок високоточних екваторіальних координат кожної точки зображення метеора. Для траєкторій, що одночасно спостерігались з обох пунктів за загальноприйнятими методиками обчислюються координати радіантів, кінематичні параметри та елементи орбіт індивідуальних метеорів, а також відповідні похибки. Проводиться статистичний аналіз розподілень

кінематичних і орбітальних параметрів, на основі якого проводиться зовнішнє порівняння отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Створено каталог кінематичних параметрів атмосферних метеорних траєкторій та елементів геліоцентричних орбіт для 1055 метеороїдів за результатами телевізійних спостережень камерами з полем зору $<10^\circ$ на базисній відстані <15 км.

2. Вперше виявлено маломасивні метеороїди (<0.01 г), що рухаються з геоцентричними швидкостями <50 км/с, та мають орбіти з ексцентриситетами біля 0.9 та нахилами $(50-70)^\circ$.

3. Отримано понад 12 000 однопунктних реєстрацій метеорів за період 2011-2017 рр. Створено каталог положень кожної точки зображення метеорного явища та його інтегральної зоряної величини.

4. Вперше для спостереження метеорів в оптичному діапазоні був застосований метод ПЗЗ спостережень, який забезпечує одночасне отримання окремих зображень опорних зір та метеорів з цифрового відеопотоку, а також отримання зображень опорних зір для кожного спостережуваного об'єкту.

5. Впроваджено в практику спостережень метеорів програмне забезпечення для автоматичного детектування метеорів, розроблене в НДІ "МАО", яке за ефективністю не поступається світовим аналогам.

Практичне значення отриманих результатів.

Каталог елементів геліоцентричних орбіт і кінематичних параметрів метеорних тіл може бути застосований для пошуку потенційно небезпечних астероїдів.

Достовірність і обґрунтованість результатів.

Достовірність та обґрунтованість результатів підтверджується використанням відпрацьованих методик підготовки та проведення спостережень та їхньої попередньої обробки, аналізом похибок, а також порівнянням з аналогічними результатами інших метеорних мереж, представленими у світових базах даних.

Особистий внесок здобувача. Всі представлені в дисертації результати, отримані особисто дисертантом або за його безпосередньою участю. Автор приймав участь у виконанні робіт, спостережень, аналізі та інтерпретації, приведених у дисертації результатів.

Безпосередньо особистий внесок автора в друкованих роботах: [66, 132, 135] – автором проведені спостереження, обробка результатів і оцінка точності, написані тексти статей; [102] – автор брав участь у проведенні спостережень і обговоренні результатів; [102, 138] – автором проведені спостереження, обробка й аналіз результатів, отримані каталоги параметрів метеорних траєкторій за результатами однопунктних і базисних спостережень; [137] – авторське свідоцтво отримане автором самостійно; [67, 85, 86, 87, 131, 134] – автор приймав участь у отриманні та обговоренні результатів, а також в написанні текстів доповідей; [60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 133, 134, 136] – автором самостійно отримані результати й написані тексти повідомлень.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на 13 наукових та науково-практичних конференціях:

- Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і космос», Дніпропетровськ, 2012 р.

- XXVIII Генеральна асамблея Міжнародного астрономічного союзу, Пекін, 2012 р.
- IV Міжнародний спеціалізований симпозиум «Космос и глобальная безопасность человечества», Євпаторія, 2012 р.
- Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених», Україна, Біла Церква, 15-17 травня 2013 р.
- International Meteor Conference, Poznan, Poland, 22-25 August 2013.
- Міжнародна конференція «Навколоземна астрономія-2013», РФ, Краснодарський край, Кубанський державний університет, 7-11 жовтня 2013 р.
- Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 25-річчю польоту космічного корабля «БУРАН», Україна, Миколаїв, 20 жовтня 2013 р.
- САММАС-2014, Меморіальна міжнародна конференція, присвячена сторіччю із дня народження О.В.Добровольського и 110-річчю із дня смерті Ф.О.Бредіхіна, Вінниця, 29 вересня – 2 жовтня 2014 р.
- Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених», Україна, Житомир, 20-22 травня 2015 р.
- International Conference. Actual Questions of Ground-based Observational Astronomy. Mykolaiv, Ukraine, 26-29.09.2016.
- KOLOS 2016. Vyhorlat Observatory, Humenne, Slovakia. 01-03.12.2016.
- 17-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School, Odessa, Ukraine, 13-20.08.2017.
- 18-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School, Odessa, Ukraine, 12-18.08.2018.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 22 наукових праці, з яких 5 [64, 102, 132, 135, 138] у фахових наукових журналах, 1 у

закордонному фаховому виданні [66], 1 авторське свідоцтво [137], 3 роботи у збірниках наукових праць та 13 тез доповідей [60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 85, 86, 87, 133, 134, 136] на науково-технічних та науково-практичних конференціях.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТЕОРІВ В ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ

Перші масові експерименти по систематичному спостереженню метеорів в оптичному діапазоні протягом тривалого часу, які давали найбільш точні дані щодо атмосферних траєкторій метеорів та елементів орбіт, проводилися з використанням фототехніки. Такими були: Гарвардська програма з фотографування метеорів у штатах Массачусетс і Нью-Мехіко (1936-1959 рр.), створення перших болідних мереж у Європі, США та Канаді [116]. Результати цих спостережень, спільно з результатами радарних спостережень, дали початок першій метеорній бази даних, що містить близько 69000 метеорних орбіт [116].

Початок застосування телевізійної техніки в метеорній астрономії серед любителів відноситься до середини 80-х рр. 20-го століття в Нідерландах та Японії, що внаслідок більш високої точності позиційних вимірювань та можливості реєстрації слабких метеорів обумовило подальше масове розповсюдження методу. В даний час в якості приймача випромінювання використовується апаратура на базі ТВ ПЗЗ камер, яка особливо ефективна для спостережень метеорів за рахунок більшого часового розділення в порівнянні з іншими методами [75]. Створено мережі спостережних станцій: IMO Video Meteor Network (IMO VMN) в рамках Міжнародної метеорної організації (країни Західної Європи, Австралії, а також декілька станції у Західній півкулі), SonotaCo Network (Японія), польська болідна мережа Polish Fireball Network (PFN, Польща), Allsky Cameras for Meteor Surveillance (CAMS, США) та ін.

Оптичні системи, що використовуються для спостережень метеорів поділяються на три типи: відеосистеми з широким полем зору ($>40^\circ$), проникна здатність $(5-7)^m$; стандартні відеосистеми з полем зору $10^\circ-40^\circ$,

проникна здатність (7–9)^m; телескопічні відеосистеми (поле зору <10°, проникна здатність краща ніж 9^m). Телескопічні системи як правило поєднуються електронно-оптичними підсилювачами (ЕОП, image intensifier), що забезпечують розширення поля зору та підвищення чутливості. Найбільш поширеними ПЗЗ-камерами, що успішно застосовуються без ЕОП, є Mintron 12V6-EX та Watek 902H2 Ultimate, що мають досить високу чутливість (0.0001 лк) та є відносно недорогими.

1.1 Огляд метеорних мереж

1.1.1 США-Канада

На території Північної Америки функціонували кілька фотографічних та телевізійних метеорних мереж. Основним завданням цих проектів було відстеження падінь метеоритних тіл та визначення їхніх орбіт. Одним з найбільших і успішних експериментів по організації болідної фотографічної мережі був канадський MORP (Meteorite Observation and Recovery Project), зареєструвавши падіння метеорита в Інісфрі в 1977 р. [34]. Період активності мережі був з 1971 по 1984 г. Всього було побудовано 12 станцій по 5 камер на кожній станції. Камери були виготовлені на замовлення і мали ширококутні об'єктиви з $F = 50$ мм, поле зору кожної камери 54°. Зображення фіксувалося на 70 мм фотоплівку з експозицією від 10 хв до 3 годин залежно від яскравості фону (неба). Камери були оснащені системами автоматичного детектування метеорів та контролю експозиції. Всього було зареєстровано більше 1000 болідів (по меншій мірі двома станціями), 56 з яких пов'язані з падінням метеоритів [33, 35]. Елементи орбіт для 218 болідів включені до Центру метеорних даних MDC (Meteor Data Center) [111].

Сучасні болідні мережі будуються на базі телевізійних технологій. В 2000-х рр. університетом Західного Онтаріо створена мережа спостережних станцій SOMN (Southern Ontario Meteor Network), частиною якої є проект ASGARD (All Sky and Guided Automatic Realtime Detection), що включає в себе 7 "all - sky" камери (поле зору 180°, Rainbow L163VDC4 1.6-3.4 мм F/1.4, камера HiCam HB-710E), програмне забезпечення для детектування об'єктів яскравіших за -2^m і програмне забезпечення для розрахунку атмосферних траєкторій та елементів орбіт [14, 96, 109].

На території США в період 1963-1975 рр. діяла Прерійная мережа (PN, Prairie Network, Smithsonian Astrophysical Observatory), що складалася з 16 фотографічних станцій, яка також займалася спостереженням яскравих метеорів і відстежувала падіння метеоритів [70, 116]. В якості реєстраторів використовувалися аерофотокамери з ширококутними об'єктивами Metrogon з $F = 6.3-12$ дюймів. Зображення фіксувалось на фотоплівку форматом 9×18 дюймів [70]. Всього було зареєстровано більше 2700 болідів (мінімум з двох пунктів), але тільки для 336 вдалося визначити елементи орбіт [89]. Одним з досягнень мережі була реєстрація падіння метеориту Lost City в 1970 р. [69].



а)

б)

в)

Рис. 1.1. Розташування спостережних станцій (а) CAMS (2012 р.). Зовнішній вигляд (б) та поле зору (в) однієї станції [108].

В даний час в США розгорнута мережа для моніторингу всього неба CAMS (Cameras for All-sky Meteor Surveillance) [31, 39, 40, 108]. Основні цілі: реєстрація болідів, а також виявлення та підтвердження малих метеорних потоків.

CAMS – це три станції по 20 камер Watec Wat902 H2 Ultimate, обладнані об'єктивами з $F = 12$ мм і встановлені на майданчику так, щоб охопити ними все небо (Рис. 1.1, б, в). Погляд зору одного камери $20^\circ \times 30^\circ$. На лютий 2016 г. мережею було отримано понад 100000 орбіт метеороїдів $(0-3)^m$. За даними спостережень в MDC були відіслані повідомлення про підтвердження 5 малих потоків і відкриття потоку ета-Драконіди, що спостерігається у лютому [39].

1.1.2. Європа

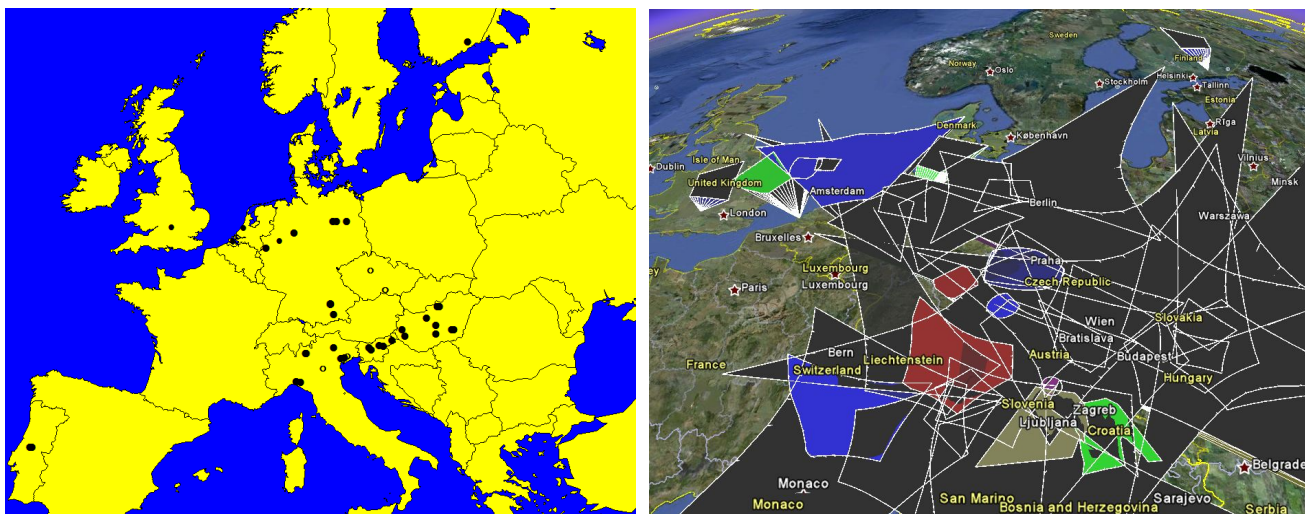
З 1959 р. в Європі функціонує Європейська болідна мережа (EN, EFN, European Fireball Network) [16, 18, 70, 78]. Мережа була створена на основі декількох болідних станцій, розташованих в Чехословачії. Після того, як кількома цими станціями було зафіксовано падіння метеорита у Пржибрамі, їх кількість збільшилася і на даний момент мережа складається з 34 станцій-камер типу «риб'яче око» (Opton Distagon, $F = 30$ мм, $F/3.5$), розташованих в Чехії (Ondrejov Observatory), Словаччині, Німеччині (German Aerospace Research Establishment (DLR)), Австрії, Швейцарії та країнах Бенілюкса [16, 78]. Відстань між станціями складає в середньому близько 100 км. Конструкція камер за більш ніж 50 років роботи двічі оновлювалася з удосконаленням технології обробки зображень. На сьогоднішній день зображення фіксується на фотоплівку формату 9×12 см, після чого проходить оцифрування і автоматично обробляється програмними пакетами,

розробленими в DLR і в чеській обсерваторії в Ондржейові (Firbal) [70, 83]. За період роботи мережею зареєстровано падіння 8 метеоритів. Щорічно реєструється близько 50 болідів. Результати періодично відправляються в Fireball Data Center (FIDAC) Міжнародної метеорної організації ІМО [70]. Також в мережу входять камери, що реєструють болідні спектри.

Друга значна європейська мережа – це Video Meteor Network (ІМО VMN), любительська організація, основне джерело даних телевізійних спостережень метеорів ІМО [71, 73, 74, 75]. На даний момент в VMN функціонує 81 камера, 46 спостерігачів у 15 країнах Європи. Основні цілі мережі:

- безперервний моніторинг метеорної активності;
- визначення положень радіантів великих та малих метеорних потоків;
- реєстрація аномальних сплесків метеорної активності;
- реєстрації та підтвердження нових метеорних потоків;
- дослідження активності спорадичних метеорів;
- спостереження болідів.

Об'єктиви, що використовуються спостерігачами, як правило, ширококутні ($67^{\circ} \times 89^{\circ}$ або $43^{\circ} \times 57^{\circ}$), COMPUTAR (F = 4 мм, F/1.2), PENTAX (F = 8 мм, F/1.2), SIEMENS (F = 12 мм, F/1.2) і др. [98]. Камери – типу Mintron MTV-13V3 або Wattec WAT 902H2 [39, 98]. Іноді використовуються електронно-оптичні перетворювачі (ЕОП), щоб підвищити чутливість системи і збільшити поле зору за рахунок масштабування зображення. Всі учасники мережі використовують програмне забезпечення MetRes, яке виконує функції детектора, первинної обробки, ідентифікації метеора з потоком і формування вихідного файлу в форматі PosDat, що відправляється в базу даних VMN [71, 114].



a)

б)

Рис. 1.2. Розташування станцій VMN на території Європи (а) і покриття камерами площин на висоті 100 км (б) [114].

За період роботи мережі (1993-2012 рр.) було зареєстровано понад 10^6 метеорів [114]. Періодично публікуються звіти в журналі ІМО.

З 2009 року під управлінням ІМО та Європейського космічного агентства (ESA) була створена Віртуальна метеорна обсерваторія (VMO), в яку включена база даних ІМО VMN [12, 47].

Окремо слід відмітити діяльність невеликої мережі станцій, розташованих біля кордону Чехії та Словаччини NFC (Narrow Field Camera) [53]. Ними використовуються телевізійні камери з $F = 50$ мм, що дозволяє реєструвати метеори до $(7-8)^m$. За період 2013-2016 рр. ними отримано каталог орбіт для 1200 метеороїдів [110]. Лише останнім часом масові телевізійні спостереження метеорів за граничною зоряною величиною починають досягати рівня фотографічних спостережень, проте завдяки використанню складного й лорогого обладнання [95].

1.1.3. Японія

Активні базисні фотографічні спостереження метеорів в Японії почалися в 60-ті роки [1, 89, 49, 51]. В першому з експериментів, що пройшли з 1964 по 1989 рр., любителі використовували короткофокусні об'єктиви (35-50 мм) з двосторонніми обтюраторами, що забезпечують 25/50 переривань за секунду. Орбіти 325 метеорів були опубліковані в MDC, точність визначення лінійної швидкості становила близько 3-5%, позиційних вимірів 30-60" [80]. З метою підвищення точності визначення орбіт в 1989 році почала свою діяльність Токійська метеорна мережа (TMN) [80, 116]. Використовувалися фотографічні установки з об'єктивами з $F = 85-100$ мм, похибка по швидкості складала 2-3%, по положенню – 10-20" [80]. До сьогоднішнього дня в Японії функціонує любительська фотографічна болідна мережа (Японія Fireball Network, JN) з використанням об'єктивів з $F = 35$ мм [116, 112].

Перші телевізійні спостереження метеорів в Японії почалися у другій половині 70-х [25]. З початку 90-х було розпочато експеримент по регулярному спостереженню метеорів кількома станціями [92, 93, 94]. Базис між станціями склав 33 км, використовувалися фотографічні об'єкти Canon 85 F/1.2 та Nikon 85 F/1.8, електронно-оптичний перетворювач другого покоління Hamamatsu Photonics (V3287P) і 8 мм відеокамера як приймач випромінювання. Поле зору відеосистеми – 16.9° , гранична зоряна величина для зірок $+8^m$, для метеорів - $+7^m$. Також використовувались додаткові об'єктиви з $F = 24$ мм (FOV 53.0°), $F = 58$ мм (FOV 23.9°). Похибка визначення положень (3-4)', зоряних величин – 0.2^m . З грудня 1992 по жовтень 2009 отримано 3770 орбіт базисних метеорів [84]. Також в грудні 1991 року проводилось одночасне спостереження метеорів телевізійними та радіотехнічними методами [24].

З 2004 р. почала працювати телевізійна метеорна мережа, заснована на програмному забезпеченні детектування, обробки та розрахунку елементів орбіт UFO Tool Suite, розроблене SonotaCo [88, 72]. Організація та цілі мережі SonotaCo подібні до IMO VMN, проте не обмежуються лише метеорами (Рис. 1.3) [117]. До 2008 р. кількість станцій досягло 31, а кількість камер >130. В основному були використані короткофокусні (3.8-12 мм) об'єктиви зі світлосилою F/0.8. Поле зору телевізійних систем варіюється від 30° до 90°. Поряд з IMO VMN SonotaCo є однією з найактивніших любительських метеорних мереж у світі [88, 72].

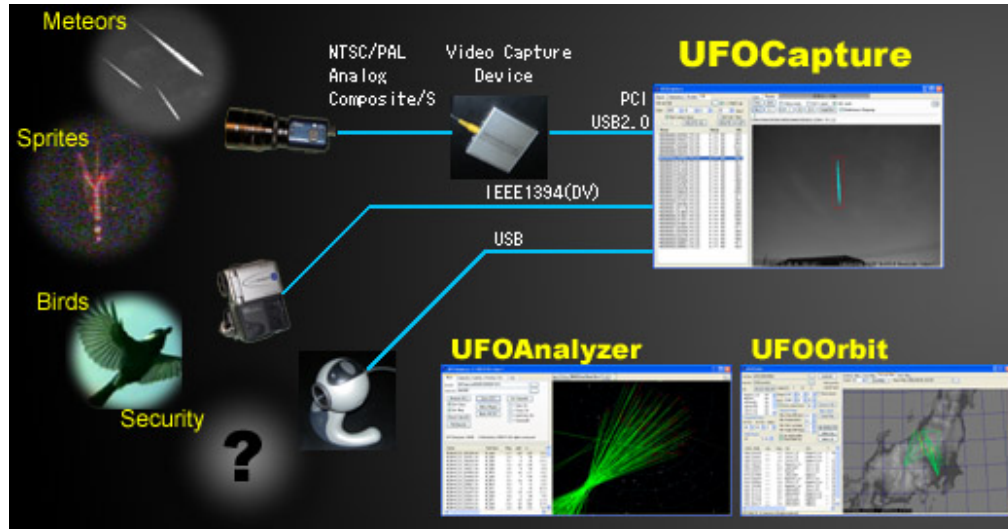


Рис. 1.3. Цілі та методи SonotaCo [117].

За даними з офіційного сайту мережі, з 2009 г. опубліковані в середньому 90000 орбіт базисних метеорів [117].

З 2016 р. в обсерваторії Кісо Токійського університету проводяться односторонні спостереження слабких (до +10^m) метеорів на 105-см телескопі системи Шмідта, оснащеного високочутливою мозаїчною камерою [79].

Результатом стала оцінка функції допливу метеорної речовини в діапазоні мас $8.3 \times 10^{-2} - 3.3 \times 10^{-4}$ г.

1.1.4. Країни СНД

Найбільші центри метеорної астрономії в СРСР були зосереджені в Душанбе (Інститут астрофізики Академії наук Республіки Таджикистан, ІА АНРТ) та Одесі (АО ОНУ). В 1957-63 рр. На базі цих обсерваторій проведені базові фотографічні спостереження яскравих метеорів (яскравіше $+1^m$) [3]. Використані об'єктиви з $D = 100$ мм, $F = 250$ мм і полем зору $40 \times 50^\circ$, фотоплівка шириною 19 см, експозиція тривалістю 30-60 хв, відстань між станціями варіювалася від 20 до 40 км. Спостереження проводилися як у режимі часового ведення, так і стаціонарно. Точність позиційних вимірювань (5-6)". Всього було визначено близько 500 орбіт метеорів сфотографованих в Одесі та Душанбе. За результатами багаторічних спільних спостережень було визначено основні мінералогічні характеристики метеороїдів, що належать до 9 метеорних потоків та спорадичного фону [5].

В 1964-65 рр. астрономами Крамером (Одеса) і Бабаджановим (Душанбе) був розроблений метод миттєвих експозицій, що дозволив отримати більш детальну інформацію про фізику руйнування метеорного тіла та встановити факт подрібнення метеороїдів в атмосфері [4, 6, 7, 9]. Метеорний патруль складався з камер з $F = 750$ мм і $F/3.5$, фотографування велося з експозицією 0.00056 кожні 0.02 с, що дозволило отримати зображення метеорної траєкторії, що майже не відрізняються від точкових. Фотографувались також метеорні спектри (з експозиціями 0.00056 та 0.0033 с). До 1983 р. за методом миттєвих експозицій було отримано близько 3000 зображень 147 метеорів з граничною абсолютною зоряною величиною -2^m .

Фотографічне патрулювання болідів в Душанбе триває і в даний час наряду з телевізійними спостереженнями [10, 45]. В якості об'єктивів використовуються об'єктиви фірми Zeiss Distagon типу «риб'яче око» (F/3.5, F = 30 мм) з полем зору 180°. Вивчаються особливості руйнування метеороїдів у атмосфері [11], розробляються методи астрометричної редукції для спостережень всього неба [5], встановлюється зв'язок метеорних потоків з астероїдами [8].

Перший фотографічний метеорний патруль був змонтований в Одеській астрономічній обсерваторії Є.Н.Крамером і механіком Н.І.Тімченко в 1953 р. [106]. Він складався з кількох аерофотокамер з об'єктивами F/24 (фокусна відстань об'єктива 200 мм, світлосила 1:2.9, поле зору 48 градусів). Перед об'єктивами обертався обтюратор з кутовою швидкістю 24 об/с. Тоді були отримані перші зображення метеорних явищ [106]. Одеська обсерваторія взяла участь у програмі Міжнародного геофізичного року (МГР). Робоча група Комісії по кометам і метеорам Астрономічної Ради АН УРСР затвердила Одеську астрономічну обсерваторію головним центром в СРСР по проблемі "Дослідження метеорів" (розділ "Іоносфера"). Метеорне патрулювання в Одесі проводилося більше сорока років з 1953 по 1993 рр.

Зафіксовано понад 600 зображень базисних метеорів і декількох тисяч небазисних метеорів. Отримані на Одеському метеорному патрулі дані стали основою для публікації декількох сотень наукових статей та доповідей. Фотографічний метеорний патруль складається з чотирьох камер НАФА-ЗС/25 та обтюраторної системи для отримання міток часу.

В 2003 р. метеорний патруль був модернізований та оснащений високочутливими ПЗЗ камерами, також була змінена структура оптичного вузла (Рис. 1.4, а, б). Особлива увага приділяється вивченню слабких (або телескопічних) метеорів ($> +6^m$), а також розробці методики визначення

радіантів і швидкостей за одним пунктом спостережень [104, 106]. У визначенні екваторіальних координат радіантів вдалося досягти точності (4-5)', для даних отриманих телескопом системи Шмідта [105].

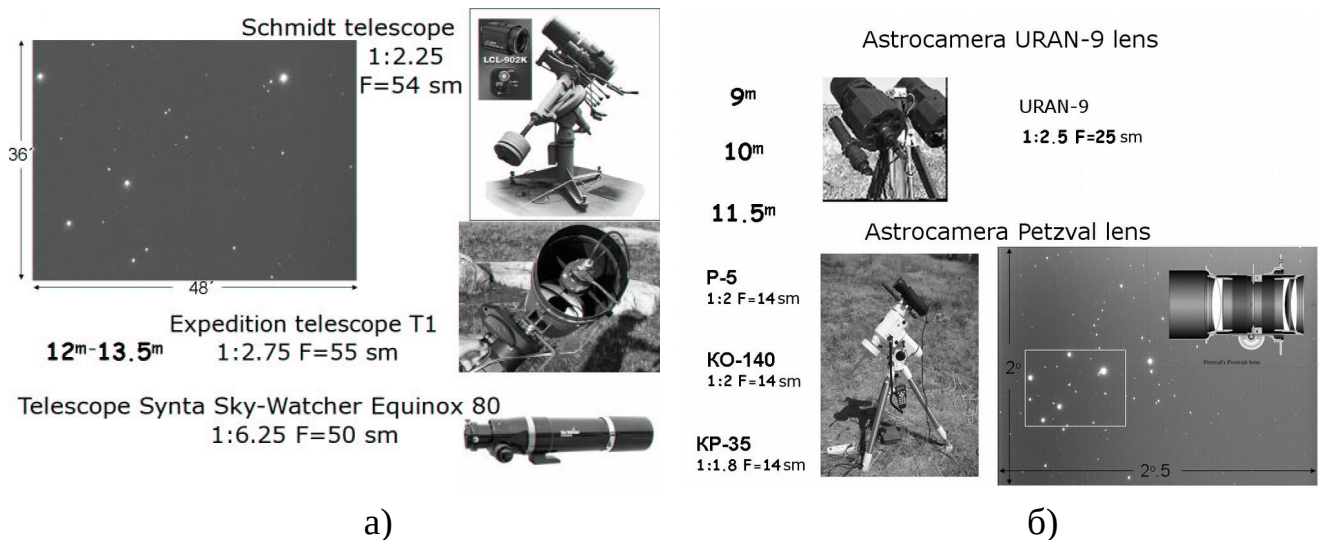


Рис. 1.4. Телескопічні системи (а) та астрокамери (б) Одеського телевізійного метеорного патрулю.

Ще одним значним центром радянської та пострадянської метеорної астрономії була спостережна станція Київського національного університету [32, 55, 54], яка також приймала участь у спільних спостереженнях з Одесою та Душанбе [5, 89]. Тут, починаючи з 80-х рр., для основних спостережень метеорів використовується апаратура на основі електронно-оптичних перетворювачів першого покоління – телевізійних передавальних трубок ізоконного типу («Інтроскоп»). Поле зору такої системи $20^{\circ} \times 28^{\circ}$, проникна здатність $+9.5^m$. Похибки координатних спостережень краще 3', похибки визначення радіантів і швидкостей – близько 2° та 3 км/с відповідно.

Таблиця 1.1.

Характеристики деяких систем відеоспостережень метеорів

Мережа спостерігачів	F [мм]	D [мм]	Поле зору	Mag	ЕОП	ПЗ
ІМО VMN (Європа)	3.8-12	F/0.8- F/1.8	67°×89° 43°×57°	(3-4) ^m	+/-	MetRec
ІА АНРТ (Таджикістан)	50 30	F/1.5- F/3.5	20°×30° 180°		+ -	інше
АО ОНУ (Україна)	540 140 85 8	F/2.25 F/1.8 F/1.2	36'×48' 2°×2.5° 4°×4.5° 36°×49°	13.5 ^m 12 ^m 11.5 ^m 7 ^m	-	UFO
Ondrejov Observatory (Чехія)	50 12	F/1.4 F/1.4	45° 52°	6.5 ^m 8.0 ^m	+	інше
DMS (Нідерланди)	55 8	F/1.2 F/2.8	25° 180°	7 ^m 2 ^m	+	AstroRecord
SPMN (Іспанія)		F/0.8-F/1.0	180°	(3-4) ^m	-	інше
RASC (Канада)		F/0.95	180°		-	ASGARD
SonotaCo (Японія)	3.8-12	F/0.8	30°-90°	(3-4) ^m	-	UFO
CMN (Хорватія)	4	F/1.2	64°×48°	(3.5-4) ^m	-	інше
PFN (Польща)	4	F/1.2	66°×49°		-	інше
SABERNET (Франція)	50	F/1.2	40°×30°	8.5 ^m	+	інше
FRIPON (Франція)	1.25	F/2.0	180°	(3-4) ^m	-	FreeTure
NFC (Чехія, Словаччина)	50	F/1.0	6.8°×5.4°	9.5 ^m	-	UFO
NEMETODE (Великобританія)	8	F/0.8	43°×33°	(3-4) ^m	-	UFO
CILBO (ESA)	12	F/1.2-F/1.4	22°×28°	7 ^m	+	MetRec
SAMS (США)	12	F/1.2-F/1.4	22°×30°	5.5 ^m	-	MeteorScan

1.2 Програмне забезпечення по спостереженню й обробці метеорних траєкторій

Для отримання і обробки цифрових зображень метеорів існує декілька пакетів програм. Найбільш поширеними є MetRec (розробник Sirko Molau,

Германія), AstroRecord (M. de Lignie, Нідерланди), UFO Tool Suite (SonotaCo, Японія) та AutoCAMS/MeteorScan (P. Gural, USA) [27, 28]. Попри відмінності ці програми використовують ряд загальних методів цифрової обробки зображень для вирішення наступних задач:

1) усунення шуму (методи просторового усереднення, віднімання середнього кадру, нормалізація);

2) виділення метеорної траєкторії (групування і встановлення порогу, просторова й часова кореляція).

1.3 Каталоги і бази даних

Результати спостережень у вигляді елементів геліоцентричних орбіт метеороїдів розміщені у базах даних Міжнародного астрономічного союзу (Meteor Data Center, IAU MDC), Міжнародної метеорної організації (IMO Virtual Meteor Observatory, IMO Video Meteor Network, MeteorNews), а також на сайтах національних та міжнародних метеорних мереж. Єдиної бази даних, яка б збирала дані з усіх існуючих метеорних мереж в єдиному форматі, на сьогоднішній день не створено, проте функціонують декілька центрів, що збирають дані спостережень метеорів.

Центр метеорних даних Міжнародного астрономічного союзу (ЦМД MAC, IAU MDC) працює на базі Астрономічного інституту Словацької академії наук під егідою підрозділу F (планетарні системи та біоастрономія, Planetary Systems and Bioastronomy) Міжнародного астрономічного союзу [111].

ЦМД є відповідальним за найменування та визначення метеорних потоків спільно з робочою групою з номенклатури метеорних потоків (Working Group on Meteor Shower Nomenclature) Комісії MAC F1 (Метеори,

метеорити та міжпланетний пил). МЦД також несе відповідальність за ефективне збирання, обчислення, верифікації та поширення траєкторних даних та орбіт метеорів. Він діє як центральний депозитарій метеорних орбіт, отриманих за допомогою фото-, відео- та радіолокаційної техніки.

Станом на 2016 р. серед основних досягнень робочої групи є 112 підтверджених (established) метеорних потоків та сформований робочий список, що містить 563 метеорні потоки. Пошук нових метеорних потоків відбувається на базі каталогів метеороїдних орбіт, отриманих CAMS, EDMOND, SonotaCo, CMN (Croatian Meteor Network). Також на сайті центру розміщені каталоги метеороїдних орбіт отриманих за результатами фотографічних спостережень різних мереж та станцій за період 1936-1996 рр. та телевізійних спостережень мережі CAMS за останні роки.

EDMOND (European viDeo MeteOr Network Database) - це база даних орбіт, створена на основі даних телевізійних спостережень, проведених і аналізованих за допомогою UFO і іншого (наприклад, MetRec) програмного забезпечення. Це результат співпраці декількох європейських мереж, включаючи ІМО і національні мережі спостерігачів з 14 країн [83]. UFO Orbit – це основне програмне забезпечення для розрахунку орбіт метеороїдів. База даних містить понад 322 000 орбіт за 2001-2016 роки та доступна на сайті MeteorNews [110].

Віртуальна метеорна обсерваторія (ВМО, VMO) розроблена робочою групою Європейського космічного агентства (ЄКА, ESA) і ставила своєю метою об'єднання траєкторних та орбітальних даних усіх існуючих метеорних мереж в одному форматі [12]. Розроблені структура бази даних та формат збереження даних на основі XML. На сайті ВМО розміщені дані отримані переважно за результатами односторонніх спостережень ІМО VMN

[48, 114]. Станом на 2018 р. проект обмежив поле діяльності до роботи виключно з мережею ІМО, а також призупинив розвиток веб-інтерфейсу.

Висновки до розділу 1

В розділі розглянуто основні методи спостережень метеорів в оптичному діапазоні з акцентом на масові спостереження із застосуванням телевізійної техніки. Результатами діяльності таких метеорних мереж є, як правило, каталоги та бази даних, що містять траєкторну, фотометричну та орбітальну інформацію про метеороїди, а також дані про метеорні потоки. Переважна більшість метеорів, що спостерігаються, за граничною зоряною величиною не слабша за $(3-4)^m$. Деякі мережі створені виключно для спостереження болідів. Метеори із зоряною величиною слабшою за $(4-5)^m$ в оптичному діапазоні досліджені мало і потребують більш масових спостережень, що можливо із застосуванням більш довгофокусних і світлосильних об'єктивів з високочутливими телевізійними камерами.

РОЗДІЛ 2 – ТЕХНІКА І МЕТОДИ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ МЕТЕОРІВ

2.1 Принцип роботи телевізійної ПЗЗ-камери. Режими роботи

У загальному вигляді конструкція ПЗЗ-елемента складається з кремнієвої підкладки р-типу оснащеної каналами з напівпровідника n-типу. Над каналами створюються електроди з полікристалічного кремнію з ізолюючим прошарком з оксиду кремнію. Після подачі на такий електрод електричного потенціалу, в збідненій зоні під каналом n-типу утворюється потенційна яма, призначення якої зберігати електрони. Фотон, здатний проникати в кремній, призводить до генерації електрона, який притягається потенційною ямою і залишається в ній. Більша кількість фотонів забезпечує більший заряд ями. Після чого відбувається зчитування та посилення накопиченого заряду, що називається також фотострумом. Робота матриці базується на здатності приладів із зарядним зв'язком обмінюватися зарядами своїх потенційних ям. Обмін здійснюється завдяки наявності спеціальних електродів переносу, розташованих між сусідніми ПЗЗ-елементами. При подачі на найближчий електрод підвищеного потенціалами заряд «перетікає» під нього з потенційної ями.

Зчитування фотострумів здійснюється так званим послідовним регістром зсуву, який перетворює заряди рядка ПЗЗ-елементів в серію аналогових імпульсів, що надходять на підсилювач, а потім на аналогово-цифровий перетворювач. Подача потенціалів на електроди перенесення синхронізована таким чином, що переміщення зарядів потенційних ям всіх ПЗЗ-елементів регістра відбувається одночасно. Після зчитування всіх зарядів з регістра на його вхід подається наступний рядок. Вхідний паралельний

потік для послідовного регістра зсуву (тобто рядка двовимірного масиву фотострумів) забезпечується сукупністю вертикально орієнтованих послідовних регістрів зсуву, який іменується паралельним регістром зсуву.

Темновий струм (Dark Current) - це паразитні електричні заряди, які поступово накопичуються в осередках ПЗЗ-матриці без впливу світла і призводять до створення шумів або формування в зображенні пікселів з неправильною передачею кольорів [119]. Темновий струм є одним з джерел шумів в ПЗЗ-камерах. При збільшенні температури на 6-8 градусів, значення темного струму подвоюється.

Повнокадрова ПЗЗ-матриця (full-frame CCD - matrix) є найбільш простою з конструктивної точки зору. Такий тип матриць потребує механічного затвору, що перекриває світловий потік після закінчення експонування. Під час зчитування зарядів без закриття затвора при робочому циклі паралельного регістра зсуву до фотоструму кожного з його пікселів додаються зайві електрони, викликані потраплянням фотонів на відкриту поверхню ПЗС-матриці. Дане явище називається «розмазування» заряду в повнокадровій матриці (full-frame matrix smear). Таким чином, швидкість зчитування кадру в такій схемі обмежена швидкістю роботи АЦП.

Недоліки застосування камер з повнокадровими ПЗЗ-матрицями для спостереження космічних об'єктів:

використовувана експозиція приблизно на 2-3 порядки менше тієї, з якою звичайно використовуються ці камери в астрономії;

час читання кадру як мінімум у 10 разів більше часу експозиції — понад 90% часу прольоту космічного об'єкта через поле зору телескопа йде не на експозицію, а на читання кадрів;

негативний ефект від використання механічного затвора (або відсутності механічного затвора).

Альтернативою камерам з повнокадровими ПЗЗ-матрицями, вільною від наведених недоліків, є відеокамери з ПЗЗ-матрицями з рядковим переносом (“interline transfer” CCD) або КМОН-матрицею (CMOS).

Для відеотехніки був розроблений спеціальний тип матриць, в якому інтервал між експонуванням мінімізований не для пари кадрів, а для безперервного потоку. Для забезпечення цієї безперервності необхідна відмова від механічного затвора. Фактично дана схема, що отримала найменування матриці з буферизацією стовпців, в чомусь схожа з системами з буферизацією кадру - в ній також використовується буферний паралельний регістр зсуву, ПЗС-елементи якого приховані під непрозорим покриттям. Однак буфер цей не розташовується єдиним блоком під основним паралельним регістром - його стовпці знаходяться між стовпцями основного регістра. В результаті поряд з кожним стовпцем основного регістра знаходиться стовпець буфера, а відразу ж після експонування фотоструми переміщуються не “зверху вниз”, а “зліва направо” (або “справа наліво”) і всього за один робочий цикл потрапляють в буферний регістр, повністю звільняючи потенційні ями для наступного експонування. Заряди, що потрапили в буферний регістр, в звичайному порядку зчитуються через послідовний регістр зсуву, тобто “зверху вниз”. Оскільки скидання фотострумів в буферний регістр відбувається всього за один цикл, навіть при відсутності механічного затвора не спостерігається нічого схожого на “розмазування” заряду в повнокадровій матриці. Час експонування для кожного кадру, в більшості випадків, за тривалістю відповідає інтервалу, що витрачається на повне зчитування буферного паралельного регістра. Завдяки всьому цьому з'являється можливість створити відеосигнал з частотою не менше 30 кадрів в секунду.

Такі камери в середньому значно дешевші, а також менші і легші.

Відеокамери завдяки своїй швидкості застосовуються для спостережень швидкоплинних явищ (наприклад, метеорів), а завдяки невеликим розмірам і доступній ціні широко поширені в аматорській астрономії.

2.2 Оцифровка аналогового сигналу

Аналоговий відеосигнал з камери перетворюється у цифрову форму за допомогою плат відеозахвату Conexant на базі чіпу Vt878 і декодується відповідно до телевізійного стандарту PAL-B.

2.3 Спосіб накопичення кадрів зі зміщенням

Для отримання кадрів з опорними зорями було впроваджено СНЗ для телевізійних камер на нерухомому телескопі. Даний спосіб є особливо ефективним для спостереження будь якого об'єкту з відомими координатами, швидкістю та напрямом руху [123, 125]. Основною метою способу СНЗ є підвищення відношення сигнал-шум і як наслідок збільшення кількості опорних зорь. Теоретично відношення сигнал-шум має збільшуватись в \sqrt{n} разів.

Накопичення серії кадрів виконується з паралельним зміщенням зображення кожного i -го кадру вздовж вісей X, Y на відстань $\Delta x_i, \Delta y_i$:

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^N F_i(x + \Delta x_i, y + \Delta y_i),$$

де $S(x, y)$ – функція зображення, що накопичується; $F_i(x, y)$ – функція i -го кадру накопичуваної серії; N – кількість кадрів, що накопичуються.

Кількість накопичуваних кадрів N визначається за заданою експозицією об'єкта E_{Obj} та експозицією одного кадра E_{Single} , як непарне число:

$$N = \left\lfloor \frac{E_{Obj}}{2 E_{Single}} \right\rfloor \times 2 + 1,$$

де $\lfloor \rfloor$ – округлення до меншого цілого.

На відміну від прямого накопичення кадрів, при накопиченні зі зміщенням мають значення моменти часу кожного кадру t_1, t_2, \dots, t_N і момент часу t , на який відбувається накопичення. Момент t може обиратися довільно, проте більш доцільно обирати його як середній момент серії кадрів:

$$t = (t_1 + t_N) / 2.$$

Зміщення i -го кадру серії $\Delta x_i, \Delta y_i$ обчислюються як відстань, яку проходить об'єкт (зоря) за час між моментом даного кадру та моментом, на який відбувається накопичення t :

$$\Delta x_i = -(t_i - t) v \sin(A_{ObjCCD}) / M,$$

$$\Delta y_i = -(t_i - t) v \cos(A_{ObjCCD}) / M,$$

де v – кутова швидкість об'єкта; A_{ObjCCD} – кут руху об'єкта в системі ПЗЗ-матриці, або, в даному випадку $A_{ObjCCD} = A_{StrCCD}$, для зорь визначається орієнтацією вісей X, Y матриці по відношенню до небесного екватора (обчислюється по кадру з опорними зорями в процесі калібрування метеорного телескопу); M – кутовий розмір (масштаб) пікселя.

Масштаб пікселя визначається виразом:

$$M = \arctg\left(\frac{C}{F}\right) \times N_{Bin},$$

де C – фізичний розмір пікселя зображення; F – фокусна відстань, N_{Bin} – бінування (об'єднання електронних зарядів декількох пікселів перед переведенням в цифрову форму).

Інтенсивності пікселів зміщеного зображення $I'_{x',y'}$ розраховуються за інтенсивностями пікселів початкового зображення $I_{x,y}$, що зміщені на $\Delta x, \Delta y$ з урахуванням також дробової частки за формулою:

$$I'_{x',y'} = I_{x,y} c_{00} + I_{x+1,y} c_{10} + I_{x,y+1} c_{01} + I_{x+1,y+1} c_{11},$$

де

$$\begin{aligned}
 x &= x' + \lfloor \Delta x \rfloor; \\
 y &= y' + \lfloor \Delta y \rfloor; \\
 c_{00} &= 1 - \{ \Delta y \}; \\
 c_{10} &= \{ \Delta x \} (1 - \{ \Delta y \}); \\
 c_{01} &= \{ \Delta y \} (1 - \{ \Delta x \}); \\
 c_{11} &= \{ \Delta x \} \{ \Delta y \};
 \end{aligned}$$

$\lfloor \cdot \rfloor$ – округлення до меншого цілого;

$\{ \cdot \}$ – дробова частка числа.

Зміщення накопичуваних кадрів призводить до нерівномірної інтенсивності фону по периметру накопиченого кадру (Рис. 2.1).

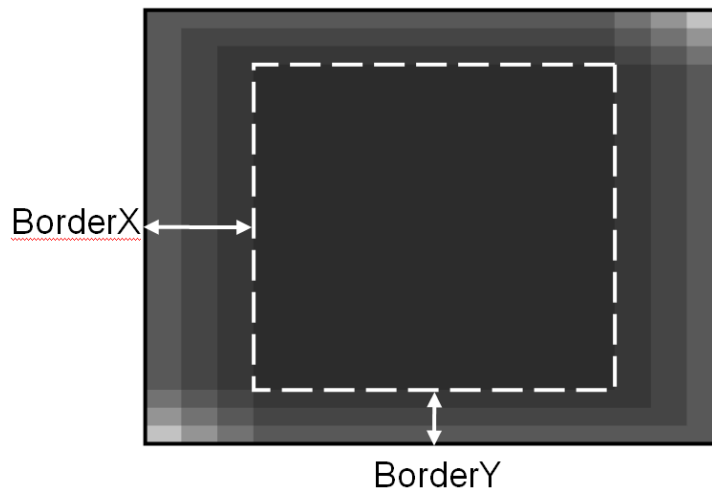


Рис. 2.1 – Нерівномірність накопичування фону

Зони нерівномірності фону біля границь напиченого кадру відповідають максимальним зміщенням:

$$\text{BorderX} = \frac{(t_N - t) v \sin(A_{ObjCCD})}{M},$$

$$BorderY = \frac{(t_N - t) v \cos(A_{ObjCCD})}{M}$$

Таким чином результируючим кадром є центральна частина накопиченого зображення з рівномірним фоном, яка і зберігається.

Визначення орієнтації ПЗЗ-матриці по відношенню до небесного екватора при спостереженні зорь в режимі СНЗ відбувається під час встановлення та калібрування метеороного телескопа. Кутова швидкість руху зорь залежить від схилення δ :

$$v_{Str} = 15.041 \cos(\delta),$$

і має розмірність "/с.

Уточнення кута A_{strCCD} відбувається за результатами ототожнення опорних зорь і буде розглянуто у розділі 3.

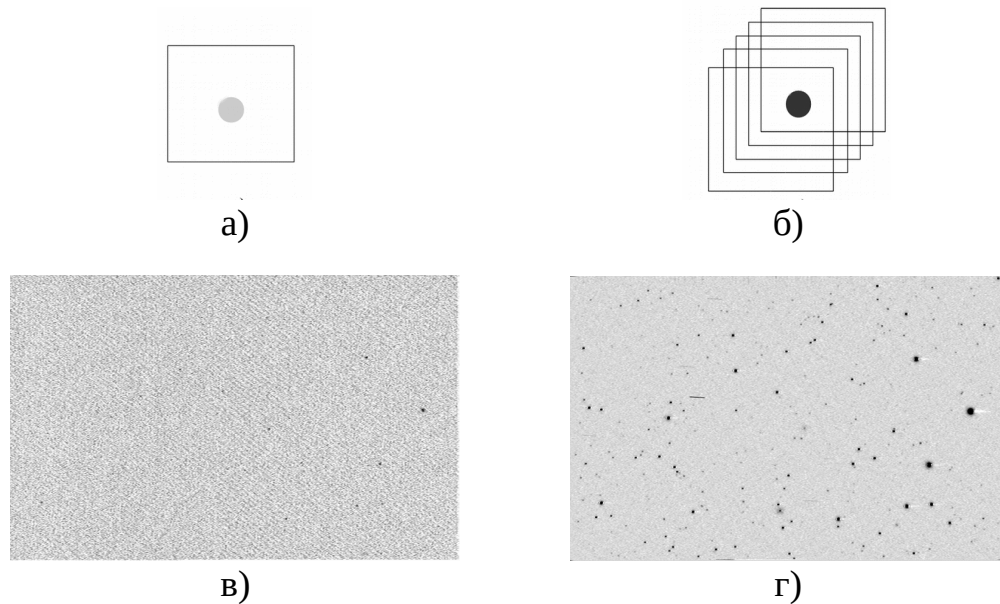


Рис. 2.2. Принцип накопичення кадрів зі зміщенням: а, в) одиночний півкадр (0.02 с); б, г) сума 750 кадрів (30 с).

На рис. 2.2 проілюстровано спосіб СНЗ. На одиночному кадрі

максимальна інтенсивність зорі становить 1538, стандартне відхилення (шум) становить 282, співвідношення сигнал-шум становить 5.5. При додаванні 750 кадрів максимальна інтенсивність зорі становить 2382, стандартне відхилення (шум) становить 16, співвідношення сигнал-шум становить 148. При додаванні 750 кадрів підвищення співвідношення сигнал-шум становить 26.9, що дуже близько до теоретичної величини \sqrt{n} .

2.4 Комплекс метеорних телескопів НДІ “МАО”

В основу метеорного комплексу покладено статичний телескоп на легкому монтуванні, що забезпечує ручне наведення інструменту по азимуту та куту місця (Рис. 2.3). Конструктивно один метеорний телескоп складається з об’єктива і ПЗЗ-камери, закріплених з двох сторін циліндричного тубуса. Тубус встановлений в металевому корпусі (капсулі) діаметром 98 мм, довжиною 300 мм (Рис. 2.4). У передній частині корпусу на ущільнювачах встановлено прозоре скло, яке запобігає попаданню опадів і пилу всередину корпусу. Також у передній частині корпусу встановлено пластмасову бленду. В якості світлоприймача використовувалася камера Watec LCL902H2 (768×576, 8.6×8.3μ, чутливість 0.0001 лк). Об’єктиви, що були успішно застосовані для спостереження метеорів протягом усього періоду функціонування комплексу мають наступні характеристики: Canon-85mm (D=47 мм, F=85 мм, поле зору 3.2°×4.2°); Ломо-0501 (D=50 мм, F=100 мм, поле зору 2.7°×3.6°), РО-109А (D=42 мм, F=50 мм, поле зору 5.4°×7.2°). Електронно-оптичні підсилювачі не застосовувались. Камера працює у режимі черезстрочної розгортки (50 напівкадрів/с) для забезпечення більшого часового розділення траєкторії.



а)



б)

Рис. 2.3. Комплекс метеорних телескопів НДІ “МАО”: а) головна станція на території НДІ “МАО”; б) станція на відстані 11.7 км від головної.



Рис. 2.4. Конструкція метеорного телескопу

В таблиці 2.1 надано порівняння характеристик об’єтивів, що використовувались протягом всього періоду спостережень. Слід зазначити, що суттєвих відмінностей в похибках по визначенню координат опорних зір і точок метеорних зображень немає (окрім ТМ-50), проте ТМ-50 має переваги в світлосилі і

має більше поле зору і є перспективним для отримання більш довгих траєкторій метеорів.

Таблиця 2.1.

Порівняння результатів отриманих різними телескопами.

Параметр		ТМ-85 ^{*)}	ТМ-50	ТМ-100
Фокусна відстань, [мм]		85	50	100
Діаметр об'єктива, [мм]		47	41	50
Поле зору, [°]		3.2 × 4.2	5.4 × 7.2	2.7 × 3.6
Кутова величина пікселя, ["]		20	34	17
Кількість метеорів		3075	871	2328
Зоряна величина опорних зір, гранична/в максимумі розподілення		12 ^m /11 ^m	11.5 ^m /10 ^m	12 ^m /10.5 ^m
Інтегральна зоряна величина метеорів, гранична/в максимумі розподілення		5 ^m /3 ^m	6.5 ^m /2.5 ^m	4.5 ^m /2 ^m
Довжина спостереженої траєкторії, [°] гранична/в максимумі розподілення		4.5/1; 3 ^{**)}	7/0.5; 2.5 ^{**)}	3.5/1.5
СКП координатних вимірювань зір, ["]	RA	4-6	10-14	6-8
	DE	4-6	10-14	6-8
СКП координатних вимірювань метеорів, ["]	RA	8-12	20-30	12-14
	DE	10-12	20-30	12-16
СКП визначення координат ПВКМТ, [']	RA	1-3	4-6	2-3
	DE	1-4	4-6	2-3
^{*)} ТМ – телескоп метеорний (число – фокусна відстань об'єктива в мм). ^{**)} Розподілення по довжині траєкторії має декілька максимумів.				

2.5 Методика проведення спостережень в НДІ “МАО”

2.5.1 Детектування метеорів

Програмне забезпечення (ПЗ) для автоматичного виявлення метеорів було розроблено в 2010 році на основі досвіду обробки відео потоку в режимі реального часу [122]. Алгоритм детектування працює таким чином:

- 1) усереднення яскравості пікселів в комітках 8×8 пікселів;
- 2) розрахунок співвідношення сигнал/шум у кожній комірці з використанням яскравості тієї ж комірки в 25 кадрах до і після поточного кадру;
- 3) пошук ліній метеорної траєкторії серед комірок, які перевищують порогове значення співвідношення сигнал/шум (використовуючи метод найменших квадратів з відкиданням великих відхилень);
- 4) пошук об'єктів, які рівномірно рухаються вздовж виявленої лінії (використовуючи метод найменших квадратів з виключенням великих відхилень);
- 5) виключення об'єктів, швидкість яких становить менше 2 °/с (ідентифікуються як супутники);
- 6) збереження серії зображень.

Паралельно з процесом детектування в режимі реального часу сумуються кадри з зображеннями зір за 20–30 с, використовуючи техніку накопичення зі зміщенням [123]. Кадри з опорними зорями зберігаються у FITS-форматі, серії метеорних зображень архівуються в файли формату V8, розроблений в НДІ МАО. На рис 2.5 зображено вікно програми детектування метеорів і приклад кадру з метеорним зображенням.

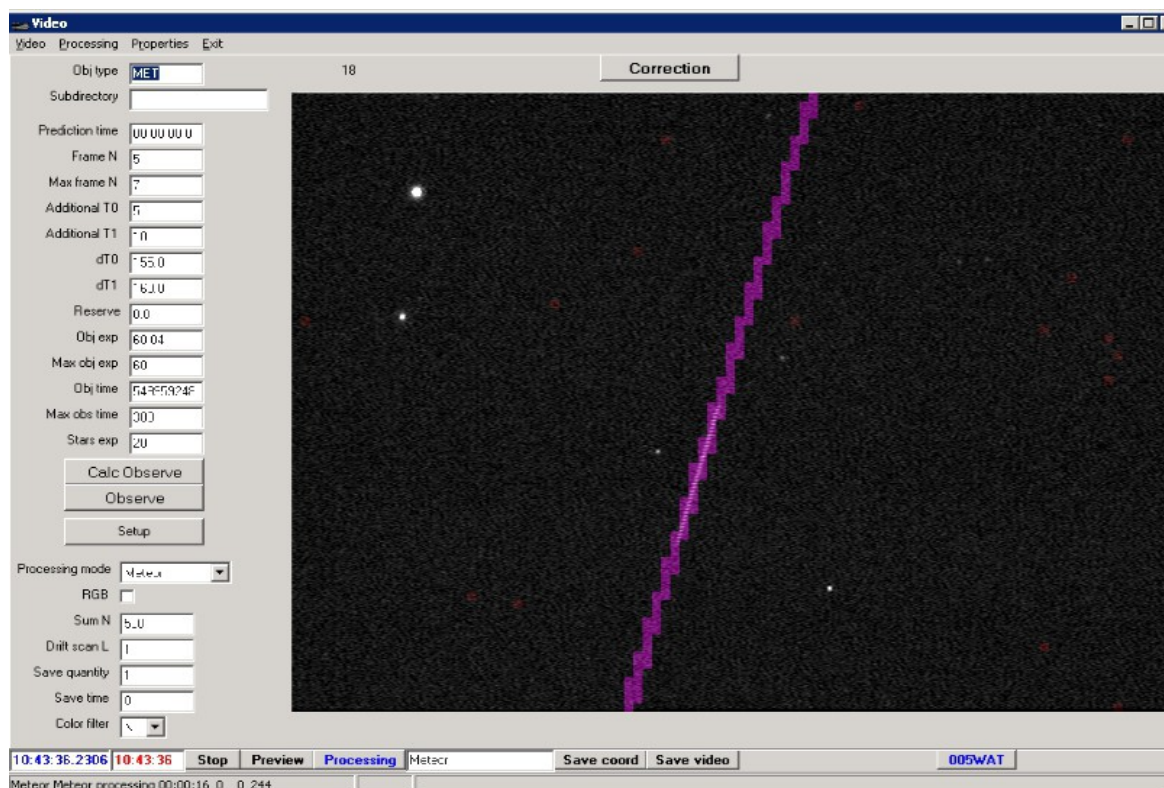


Рис. 2.5. Вікно програми детектування метеорів і приклад кадру з метеорним зображенням

2.5.2 Синхронізація спостережень

Синхронізація спостережень забезпечується портативною службою часу на базі GPS-приймача Resolution-T, з якого на LPT-порт комп'ютера подається PPS-імпульс, що використовується для калібрування тактової частоти процесора.

Для перетворення лічильника тактів процесора в момент абсолютної шкали часу використовуються три параметри: 1) частота лічильника; 2) початкове значення лічильника (лічильник тактів процесора Time Stamp Counter); 3) початкове значення абсолютної шкали часу (з GPS-приймача).

Найшвидший спосіб визначення моменту абсолютної шкали часу і відповідного значення лічильника є неперервний цикл зчитування PPS-

імпульсу з LPT-порту. При отриманні імпульсу зберігається значення лічильника.

Оскільки значення частоти лічильника, як правило, має зміщення в залежності від температури, необхідно проводити калібрування частоти і початкового моменту шкали часу. Процедура калібрування виконується кожні 10 хвилин і займає до 1 секунди.

В момент отримання кадру визначається момент абсолютної шкали часу за лічильником. Момент часу середини експозиції кадру обчислюється з врахуванням тривалості експозиції та часу який витрачається на зчитування кадру (залежить від апаратної реалізації інтерфейсу камери). При використанні плати оцифровки сигналу з частотою 25 кадрів в секунду, мінімальне значення корекції складає 0.04 с. У випадку чіпа Vt878, який не виконує складну передобробку сигналу (напр., стиснення) затримка, що вноситься самою платою складає кілька мілісекунд.

Апаратні затримки і постійні, що необхідні для корекції часу моменту отримання кадру були відпрацьовані під час спостережень в НДІ “МАО” штучних супутників, положення яких визначаються з високою точністю мережею лазерної локації (ILRS). Програмне забезпечення і спостереження супутників детально розглянуто в роботі співробітника НДІ “МАО” Козирєва [125].

Оскільки час між серединами експозицій в режимі черезстрокової розгортки 0.02 с, точність визначення моментів реєстрації зображень метеорної траєкторії забезпечується на рівні 10^{-2} с.

2.5.3 Оцінка ефективності реєстрацій метеорів.

Ефективність детектування метеорів визначається як відношення кількості явищ, розпізнаних як метеори, до загальної кількості зареєстрованих

явищ, до яких відносяться шумові сплески в роботі камери, прольоти птахів, літаків та інших рухомих об'єктів, різка зміна яскравості фону. Таким чином ефективність залежить від сезону спостереження, а також від погодних умов. Середня ефективність реєстрації метеорів складає 40-50%.

2.6 Комплекс програм для обробки результатів спостережень

Первинна обробка результатів спостереження складається з наступних етапів (з використанням відповідного ПЗ):

1) обробка кадрів з опорними зорями (2011-2012 рр. – Astrometrica 4.4.1.364, зоряний каталог – USNO-B1.0; 2012-2018 рр. – створений автором комплекс програм TraEx на мові програмування Python, каталог – Tycho2);

2) виділення точок метеорної траєкторії у системі координат кадру (штатна програма CCD у ручному режимі, розроблена автором програма TraEx – в автоматичному);

3) отримання екваторіальних координат точок метеорної траєкторії (2011-2012 рр. – штатна програма met, після 2012 р. – TraEx);

4) програмний комплекс для розрахунку параметрів атмосферної траєкторії та елементі геліоцентричних орбіт метеорних тіл, розроблений автором.

2.6.1 Комплекс програм TraEx

З метою підвищення ефективності та максимальної автоматизації автором був створений комплекс програм TraEx (Trajectory Extractor) для обробки результатів телевізійних спостережень метеорів згідно з вищезазначеними етапами [137]. Для безпосереднього виділення зображень зір та метеорів використовувалось програмне забезпечення з відкритим

висхідним кодом SExtractor [113]. Файли, що отримуються в результаті роботи цієї програми містять прямокутні координати фотометричних центрів зір та зображень метеорної траєкторії та інтегральні значення інтенсивностей відповідних зображень. Дані про зображення зір та метеорних “штрихів” зберігаються у різних файлах. Далі програма SCAMP [113] виконує ототожнення координат опорних зір з каталогом Tycho2 і обчислює коефіцієнти редукції Тернера, зберігаючи результати для подальшої обробки. refstars.py є програмою, що керує процесом виділення і ототожнення зображень опорних зір. obj_se.py є теж частиною пакету TraEx і має призначення для керування процесами фільтрації та виділення зображень метеорної траєкторії на окремих півкадрах, що мають назву “штрихів”. Перед виділенням метеорних зображень, файли V8 розпаковуються та кожний півкадр серії фільтрується у два етапи: 1) спочатку проводиться вирівнювання по полю, 2) проводиться віднімання середнього кадру, таким чином зображення зір віднімаються і єдиним об’єктом на півкадрі залишається метеорний “штрих”. Для кожної метеорної траєкторії обробляються три кадри з опорними зорями, що дозволяє інтерполювати значення коефіцієнтів редукції на момент отримання метеорного зображення (див. Розділ 3).

Далі прямокутні координати центрів метеорних “штрихів” за вже відомими коефіцієнтами редукції перераховуються у екваторіальні координати метеорної траєкторії за допомогою програми obj_met.py пакету TraEx. Також обчислюються і зберігаються у окремі файли параметри метеорної траєкторії за даними однопунктних спостережень.

2.6.2 Виділення траєкторії метеора в ручному режимі

Зображення слабких метеорів не піддаються обробці у автоматичному режимі через велику кількість виділених сторонніх об’єктів, що знаходяться

на кадрі з метеорним “штрихом” та мають подібні розміри й яскравість. Тому для виділення таких траєкторій використовується штатна програма НДІ “MAO” CCD.exe.

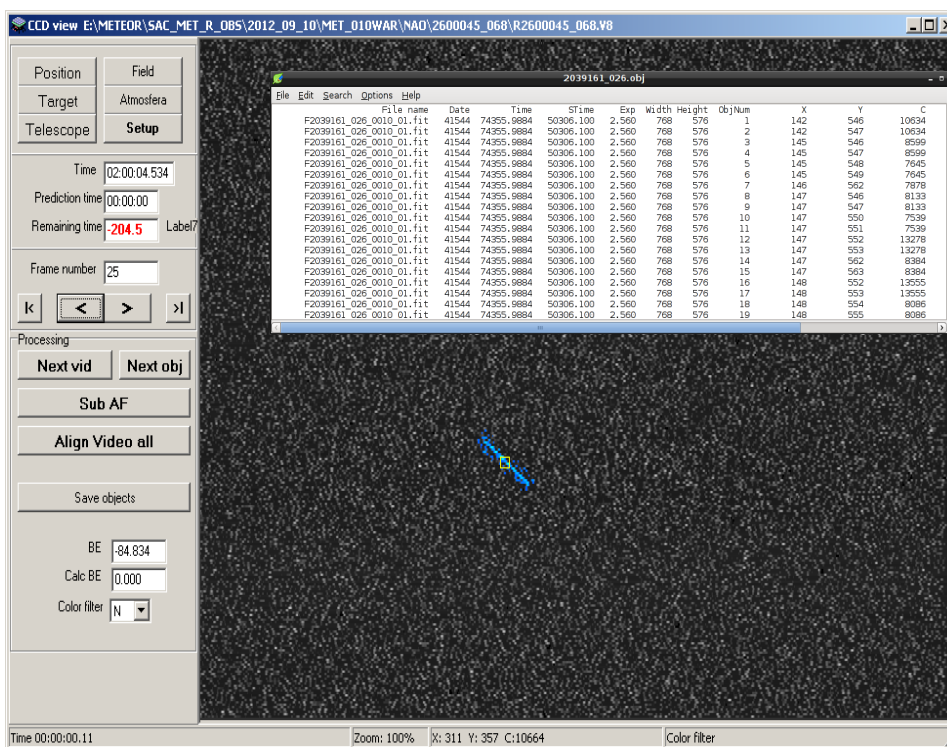


Рис. 2.6 – Приклад виділення фрагмента метеорної траєкторії в ручному режимі

На рис. 2.6 зображено скріншот програми виділення точок метеорного зображення. Синім виділено фрагмент метеорної траєкторії на півкадрі. Також зображено текстовий файл з координатами та інтенсивністю кожного пікселю зображення.

2.6.3 Програмне забезпечення для розрахунку кінематичних параметрів і елементів геліоцентричних орбіт метеороїдів

Для отримання попереднього каталогу елементів орбіт метеороїдів, а також з метою порівняння результатів з іншими каталогами, була використана програма UFOOrbit, яка широко застосовується багатьма метеорними мережами (SonotaCo, UKMON і т.д.) [117]. Паралельно з цим розроблено власне програмне забезпечення з розрахунку елементів орбіт, яке забезпечувало б такі можливості (відсутні в UFOOrbit):

- 1) оцінка похибок для кожного з елементів геліоцентричної орбіти;
- 2) розрахунок вектора руху метеороїда (X , Y , Z , V_x , V_y , V_z) і оцінка відповідних похибок;
- 3) уточнення обчислення швидкостей і висот метеорів;
- 4) використання в розрахунках всіх точок траєкторії (в UFOOrbit для обчислень використовуються тільки початковий і кінцевий положення траєкторії метеора).

Висновки до розділу 2

В розділі 2 розглянуто технічне та програмне забезпечення спостереження метеорів, що використовується в НДІ “МАО”. Окрему увагу приділено опису способу накопичення кадрів зі зміщенням і синхронізації спостережень, методикам, що є оригінальною розробкою співробітників НДІ “МАО”. Також розглянуто програмне забезпечення для обробки результатів спостережень, в тому числі і розроблене автором дисертації.

РОЗДІЛ 3 – ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ МЕТЕОРІВ

3.1 Астрометрична редукція спостережень

Метод отримання екваторіальних координат точок спостереженого зображення (метеорної траєкторії) описаний в роботах [17, 54, 99, 105, 119] і складається з наступних етапів:

- 1) вимірювання прямокутних координат опорних зір на кадрі з метеорним зображенням;
- 2) ототожнення опорних зір на кадрі з метеорним зображенням за астрономічними каталогами;
- 3) отримання для ототожнених опорних зір коефіцієнтів (постійних) моделі редукції;
- 4) вимірювання прямокутних координат точок метеорного зображення на кадрі;
- 5) за знайденими в п. 3 постійними моделі редукції знаходимо екваторіальні координати вимірюваних точок метеорного зображення на кадрі.

3.1.1 Обробка кадрів з опорними зорями.

Похибки визначення положень точок зображення метеорної траєкторії в першу чергу залежать від точності визначення екваторіальних координат опорних зір, а останні від обраної моделі редукції [99]. Модель редукції враховує недоліки оптичної системи (аберації), відхилення розташування матриці у фокальній площині об'єктиву від ідеального та неідеальність конструктивного виконання самої ПЗЗ-матриці. Найбільш поширеною є модель редукції Тернера 1, 2 та 3-го порядків. В загальному вигляді:

$$\begin{aligned}\xi - x &= ax + by + c + a'x^2 + b'xy + c'y^2 + \dots, \\ \eta - y &= dx + ey + f + d'x^2 + e'xy + f'y^2 + \dots,\end{aligned}\tag{3.1}$$

де ξ, η – ідеальні прямокутні координати зір на зображенні кадру, x, y – виміряні прямокутні координати зір на зображенні, $a, b, c, a', b', c', \dots$ – постійні (коефіцієнти) редукції Тернера. Модель 1-го порядку має 6 постійних, 2-го – 12, 3-го – 20. В таблиці 3.1 наведено порівняння моделей редукції для серії з 25 кадрів з полем зору $3.2^\circ \times 4.2^\circ$.

Таблиця 3.1.

Порівняння моделей редукції для кадрів з полем зору $3.2^\circ \times 4.2^\circ$.

Порядок моделі	Кількість ототожнених зір	СКП RA/DE, "
1-й	110	18.1 / 16.3
2-й	189	8.0 / 6.1
3-й	180	8.2 / 6.8

Для обробки зображень метеорів, отриманих на метеорних телескопах НДІ “МАО” достатньою виявилась модель Тернера 2-го порядку (Табл. 3.1). Був використаний каталог Tycho-2 (положення зір на епоху J2000). Середня кількість ототожнених опорних зір для кадрів з полем зору $3.2^\circ \times 4.2^\circ$ складає від 100 до 300. СКП опорної системи складає (6–10)", СКП за зоряною величиною – 0.35^m . Проникна здатність для зірок (12–13)^m (Рис. 3.1). Для доведення необхідності зберігання кадрів опорних зір способом накопичення зі зміщенням була проведена також обробка серії ненакопичених кадрів з експозицією 0.02 с. Середня кількість ототожнених зір – 12-15, СКП опорної системи – (6–10)", проте СКП за зоряною величиною – 1^m , що свідчить про більшу вірогідність помилкового ототожнення.

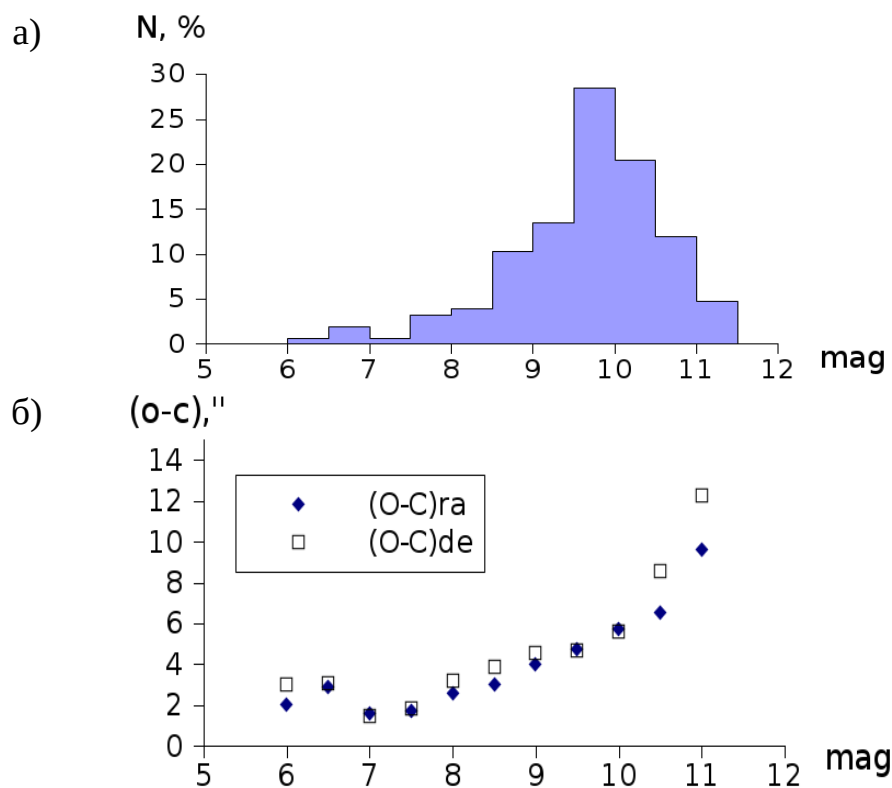


Рис. 3.1. Розподіл опорних зір за зоряною величиною (а), залежність СКП (O-C) від зоряної величини (б).

3.1.2 Виділення траєкторії метеора. Отримання екваторіальних координат фотометричних центрів метеорних зображень

ПЗ для отримання прямокутних координат точок метеорного зображення на окремому кадрі розглянуто в розділі 2. Відмінність методики проведення спостережень, як зазначалось в розділі 2, в тому, що зображення зір і метеора отримані окремо, тому коефіцієнти моделі редукції потрібно додатково перерахувувати на час отримання кадру з метеорним зображенням. В даному випадку використовувалась інтерполяційна формула Лагранжа:

$$k(t) = \sum_{i=1}^3 k_i l_i;$$

$$l_i = \prod_{j=0, j \neq i}^3 \frac{t - t_j}{t_i - t_j},$$

де t_i, k_i – моменти часу опорних кадрів та постійні редуції Тернера на ці моменти.

Далі за рівняння (3.1) за відомими постійними редуції знаходимо ідеальні координати i , маючи відомі екваторіальні координати оптичного центру A_0, D_0 , знаходимо екваторіальні координати точок метеорного зображення користуючись формулами зв'язку між ідеальними і екваторіальними координатами [99, 119]:

$$\begin{aligned}\cot(\delta) \sin(\alpha - A_0) &= \frac{\xi}{\cos(D_0)(\eta + \tan(D_0))}; \\ \cot(\delta) \cos(\alpha - A_0) &= \frac{1 - \eta \tan(D_0)}{\eta + \tan(D_0)}.\end{aligned}$$

3.2 Обчислення параметрів метеорної траєкторії за односторонніми спостереженнями

У 2011-2016 рр. отримано більше 12000 метеорних реєстрацій, після обробки яких було створено каталог параметрів отриманих за односторонніми спостереженнями. До цих параметрів відносяться: часова тривалість метеора, с; кутова довжина спостереженої траєкторії, °; кутова ширина спостереженої траєкторії, °; середня кутова швидкість метеора, °/с; інтегральна зоряна величина метеора, та зоряна величина в максимумі кривої блиску; екваторіальні координати початку і кінця спостереженої траєкторії; екваторіальні координати полюсів великих кіл метеорної траєкторії (ПВКМТ), а також значення відповідних похибок.

3.2.1 Довжина траєкторії і тривалість метеорного явища

Часова тривалість спостережених траєкторій знаходиться у границях 0.05–1.0 с. Кількість півкадрів, що містять траєкторію одного метеора варіюється від 1 до 30 з максимумом 4-6 півкадрів. 86% траєкторій мають кількість кадрів >3 , що дозволяє достовірно визначати кутову швидкість метеора. При подальшому визначенні висот метеорів та аналізі профілів кривих блиску важливо враховувати наявність в кадрі моментів появи та згасання метеора, тобто повноту метеорної траєкторії. Через малі поля зору телескопів лише 17% траєкторій є повними, для 53% траєкторій зареєстровані моменти або появи, або згасання, решта – фрагменти середин траєкторій метеорів.

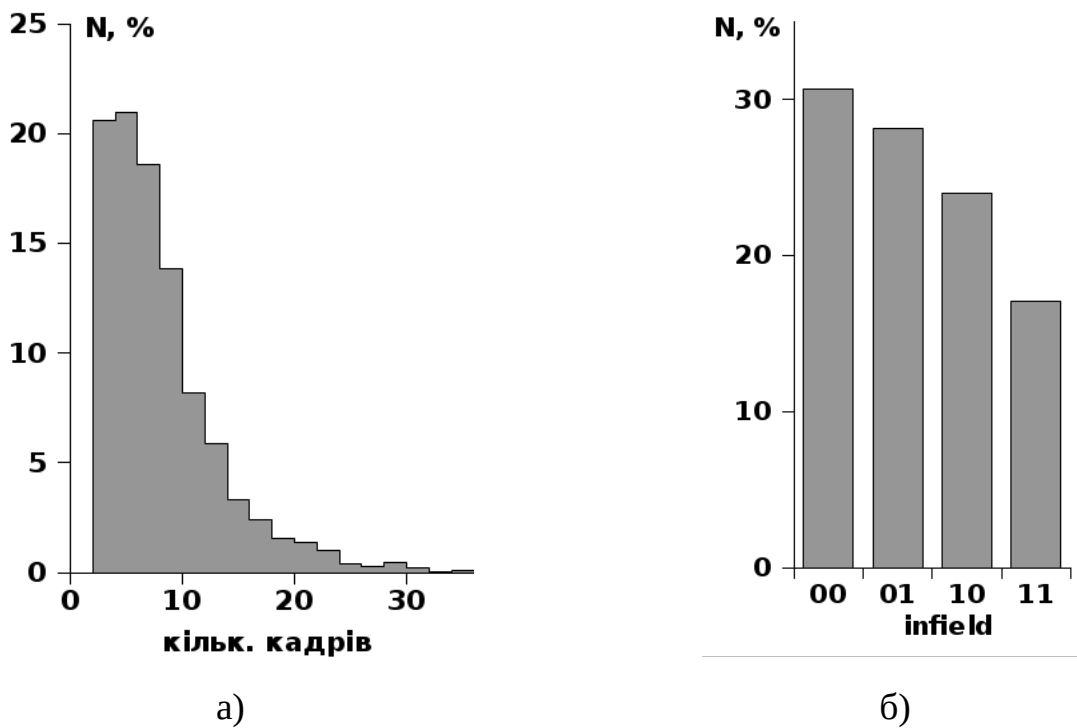


Рис. 3.2. Розподілення метеорів: а) за кількістю півкадрів; б) за параметром «infield».

Параметр «infield» є показником повноти траєкторії: 00 - початок і кінець (моменти появи і зникнення) метеора лежать поза полем зору, 01 - в

поле зору тільки кінець метеора, 10 - в поле зору тільки початок, 11 - повна траєкторія. Знання цього параметра важливо для визначення висот появи і зникнення метеора, які важливі для класифікації метеороїдів за щільністю і структурою (пориста/ тверда; лід/камінь/залізо і т. і.) [1, 3]. Ширина траєкторії 90% метеорів лежить в межах (0,01-0,02) °.

3.2.2 Зоряна величина метеора

Інтегральна зоряна величина визначається виразом

$$m_{\Sigma} = m_1 - 2.5 \cdot \lg\left(\frac{I_{\Sigma}}{I_1}\right)$$

де m_1 , I_1 – зоряна величина й інтенсивність першого пікселя виділеної траєкторії, I_{Σ} – сумарна (інтегральна) інтенсивність пікселів виділеної траєкторії. Інтегральна зоряна величина може бути обчислена як для цілої траєкторії, що дасть інформацію про загальну спостережену енергію метеорного явища, або для фрагментів траєкторії, що спостерігались протягом кожної експозиції. Максимум кривої блиску, отриманої таким чином, є загальноприйнятою мірою зоряної величини метеора [101].

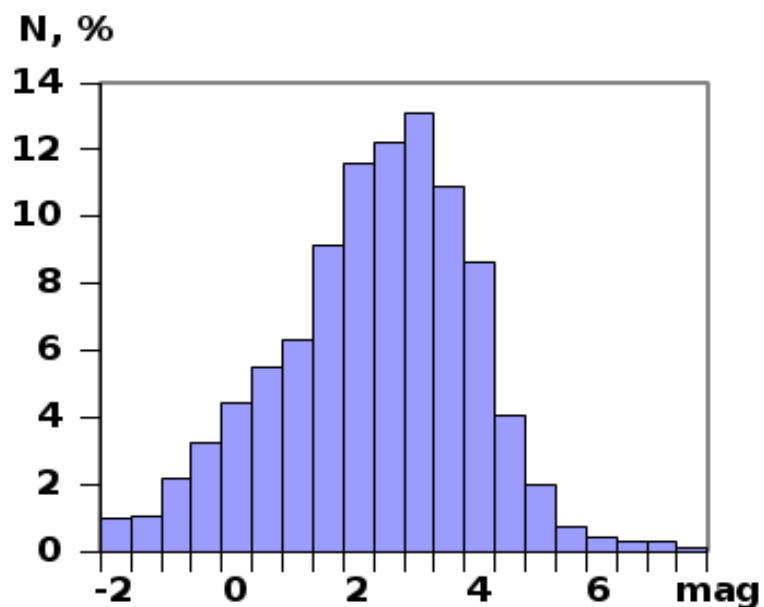
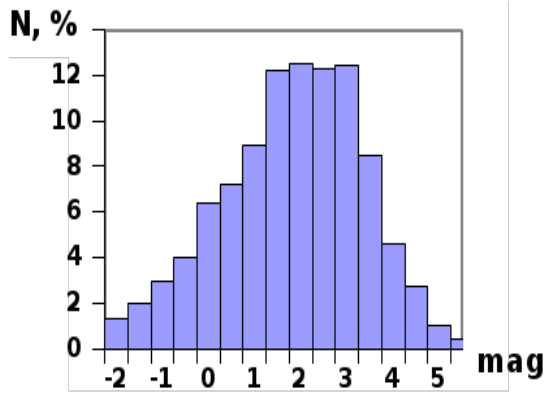


Рис. 3.3. Розподілення метеорів за зоряною величиною в максимумі кривої блиску

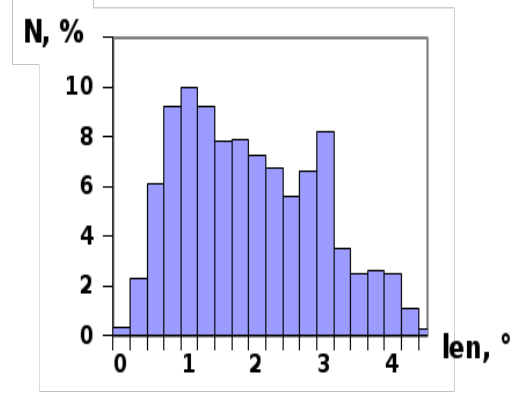
Розподілення метеорів за інтегральною зоряною величиною та кутовою довжиною траєкторії показані на рис. 2, а, б і свідчать про переважну більшість метеорів середньої яскравості та коротких за довжиною. Інструментальні зоряні величини метеорів (Рис. 3.3) знаходяться у діапазоні $(-3-7)^m$ з максимумом у 3^m , що свідчить про наявність досить слабких метеорів, порівняно з тими, що представлені у Віртуальній метеорній обсерваторії, або в базах даних IMO VMN, EDMOND і SonotaCo [110, 114, 117].

3.2.3 Апроксимація траєкторії великим колом. Полюси. Похибки полюсів

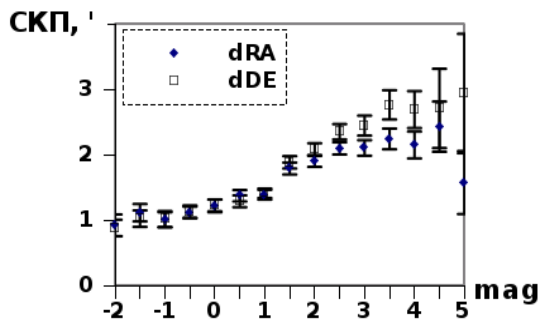
Точки зображення метеорної траєкторії апроксимуються рівнянням великого кола:



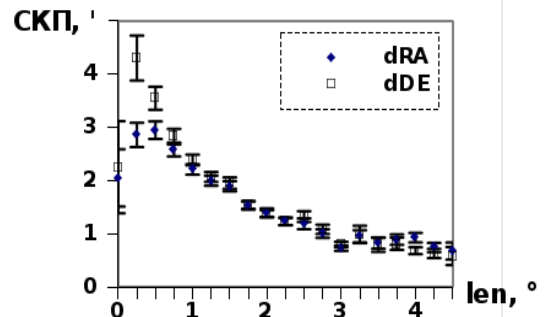
а)



б)



в)



г)

Рис. 3.4. Залежність похибок визначення координат ПВКМТ від інтегральної зоряної величини (в) та довжини траєкторії (г) співставлена з розподіленнями метеорів по інтегральній зоряній величині (а) та довжині (б).

$$\tan(\delta_i) = \frac{-\cos(A - \alpha_i)}{\tan(D)}$$

де α_i , δ_i – екваторіальні координати точок метеорної траєкторії, A , D – координати полюсу великого кола метеорної траєкторії (ПВКМТ), що апроксимує траєкторію. Методом найменших квадратів розв'язується система рівнянь типу:

$$\chi \cos(\alpha_i) \cos(\delta_i) + \psi \sin(\alpha_i) \cos(\delta_i) = -\sin(\delta_i),$$

де за коефіцієнтами χ і ψ знаходяться координати ПВКМТ:

$$A = \arctan(\psi/\chi), \quad D = \arctan(\sqrt{\chi^2 + \psi^2}). \quad (3.2)$$

Похибки коефіцієнтів χ і ψ знаходяться відповідно до теорії МНК [119], з них далі диференціюванням виразів (3.2) обчислюються похибки A і D .

Похибка визначення координат полюсів великих кіл складає $\pm(1-2)'$ (Рис. 3.4, в, г). Залежність СКП визначення координат ПВКМТ демонструє збільшення похибки для інтегральних зоряних величин слабших ніж 2^m . Також характерне експоненціальне збільшення СКП при зменшенні довжини траєкторії.

Нахил траєкторії до небесного екватору визначається як $90^\circ - D$. Нахили траєкторій 95% всіх метеорів лежать в межах від 70° до 90° , що пояснюється незмінною орієнтацією метеорних телескопів у просторі протягом всього періоду спостережень.

3.2.4 Кутові швидкості

Кутові швидкості отримуються з екваторіальних координат фотометричних центрів, розрахованих для зображень метеорної траєкторії, що отримані протягом однієї експозиції:

$$w_i = \frac{\sin(\delta_i) \sin(\delta_{i-1}) + \cos(\delta_i) \cos(\delta_{i-1}) \cos(\alpha_i - \alpha_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}.$$

де α_i , δ_i – екваторіальні координати фотометричних центрів метеорних “штрихів”, t_i – моменти часу на середину експозиції.

Таким чином, маючи зображення, що складається з n кадрів, можна отримати $n-1$ значень кутової швидкості. Проте перший і останній кадри зображення, як правило ніколи не містять метеорних “штрихів”, що утворились протягом всього часу експозиції, тому оцінки координат фотометричних центрів

і кутової швидкості апіорі недостовірні і мають бути відкинуті. Отже, мінімальна кількість кадрів для достовірної оцінки кутової швидкості (а при подальших розрахунках і лінійної швидкості метеорного тіла) – 4 кадри (або, в випадку черезстрокової розгортки, 4 півкадри).

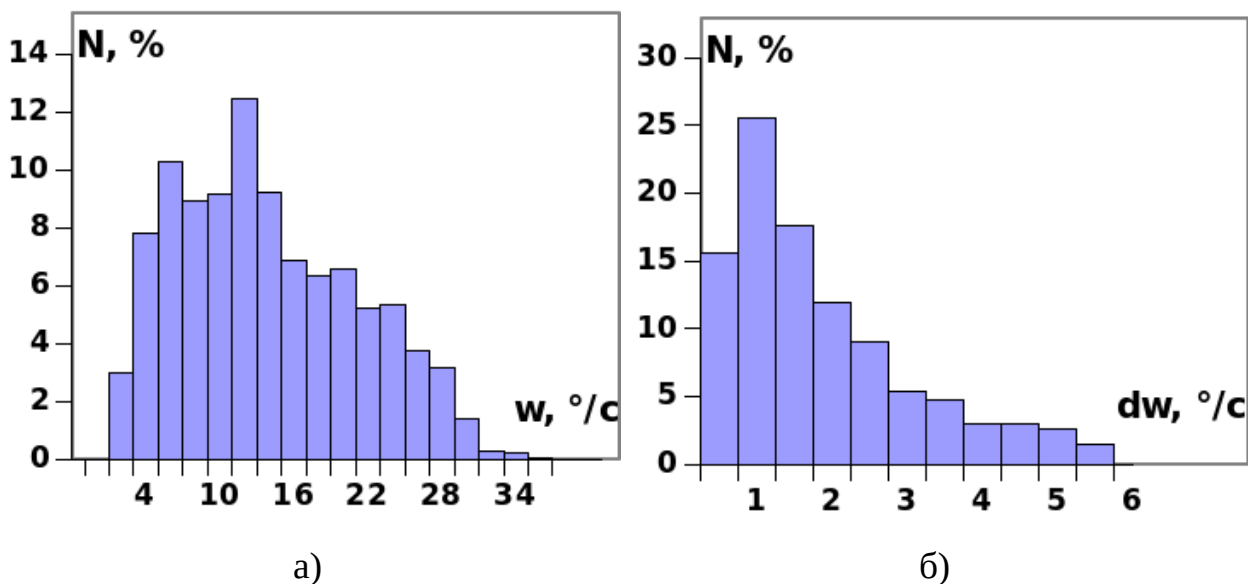


Рис. 3.5. Розподілення метеорів за кутовою швидкістю (а) та за середньо квадратичним відхиленням кутової швидкості (б)

На рис 3.5, а зображено розподілення метеорів за середньою кутовою швидкістю, діапазон значень знаходиться в межах від 2 до 35 град/с, максимум розподілення близько 13-15 град/с. Розподілення метеорів за стандартним відхиленням значень кутової швидкості (Рис. 3.5, б) можна вважати за міру похибки, оскільки довжини метеорних траєкторій переважно невеликі і зміною швидкості руху метеорного тіла за рахунок гальмування можна знехтувати.

3.3 Чисельність метеорів. Добові та погодинні числа

Також були проаналізовані варіації чисельності метеорів протягом року та протягом нічного періоду доби. Зміна чисельності метеорів протягом року фактично відображає зміну довготи висхідного вузла Ω , оскільки спостереження метеора відбувається практично в точці перетину його орбіти з площиною екліптики. На рис. 3.6 показана варіація середньої чисельності метеорів спостережених за добу протягом року. Дані спостережень за 2013-2016 рр. усереднені по сонячній довготі. Для того, щоб виділити піки пов'язані з головними потоками, проводилось згладжування по 3-м точкам. Чітко виділяються найбільші метеорні потоки — Персеїди (PER) і Гемініди (GEM). Між ними спостерігається типове для даного сезону підвищення метеорної активності.

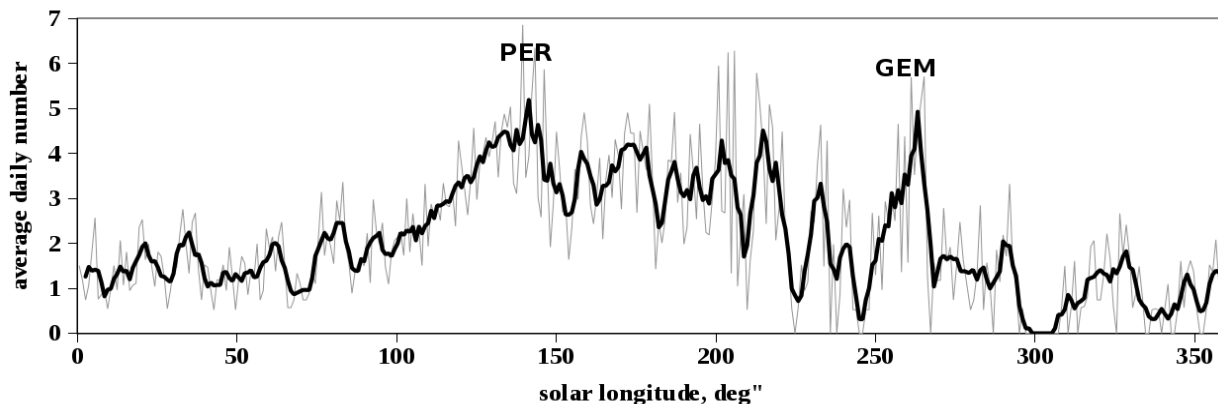


Рис. 3.6. Зміна середньої чисельності метеорів спостережених за добу протягом року. Усереднення даних за 2013-2016 рр.

Розподіл на рис. 3.7 відображає середню погодинну чисельність метеорів протягом доби. Дані усереднено за три роки. Кількість метеорів спостережена в вечірній або в ранковий час впливає на кількісне співвідношення повільних (тих,

що наздоганяють Землю) і швидких (тих, що рухаються назустріч, або, іншими словами з апексу) метеорів. Подальший аналіз геоцентричних швидкостей (Розділ 4), дасть більш чітку картину.

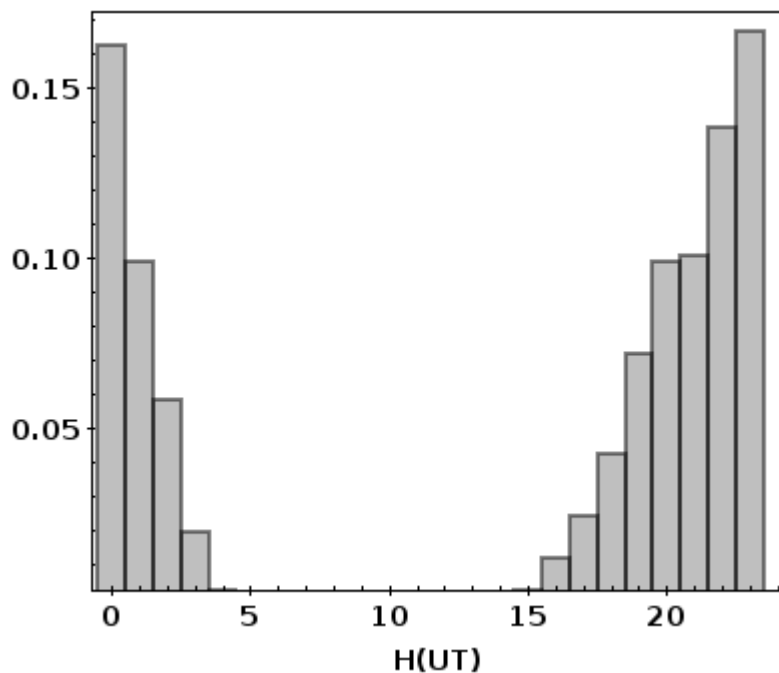


Рис. 3.7. Зміна середньої погодинної чисельності метеорів протягом доби

3.4 Обчислення параметрів метеорної траєкторії за базисними спостереженнями

До параметрів, що визначаються з базисних спостережень, відносяться екваторіальні координати радіанта, геоцентрична і геліоцентрична швидкості і елементи геліоцентричної орбіти метеороїда (велика піввісь, перигелійна відстань, ексцентриситет, нахил до екліптики, аргумент перигелію, довгота висхідного вузла) та відповідні похибки. Важливим елементом у розрахунках також є вектор руху (значення декартових координат і вектору швидкості в системі ICRF) метеорного тіла на момент початку спостереження з якого і

отримуються елементи геліоцентричної орбіти, і які мають велике значення як матеріал для подальших чисельних досліджень еволюції орбіти.

3.4.1 Радіанти

Екваторіальні координати радіанта RA_{rad} , DE_{rad} знаходяться за координатами полюсів великих кіл траєкторій, що належать одному метеору, спостережених з двох пунктів A_1, D_1 та A_2, D_2 .

$$\begin{aligned}
 RA_{rad} &= RA_0 - \frac{\pi}{2}; \\
 DE_{rad} &= \frac{\pi}{2} - i; \\
 \tan(RA_0) &= \frac{p}{q}, \quad DE_0 = 0; \\
 \tan(i) &= \frac{\tan(D_1)}{\sin(A_1 - RA_0)}; \\
 p &= \sin(A_2) \cdot \tan(D_1) - \sin(A_1) \cdot \tan(D_2); \\
 q &= \cos(A_2) \cdot \tan(D_1) - \cos(A_1) \cdot \tan(D_2).
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

На небесній сфері (Рис. 3.8) зображені проекції метеорної траєкторії спостережені з двох пунктів. Точка їх перетину є радіантом.

Похибки обчислення екваторіальних координат радіанта визначаються за допомогою методу Монте-Карло (див. пункт 3.6). Розподілення похибок за прямим сходженням та схиленням показані на Рис. 3.9 а, б.

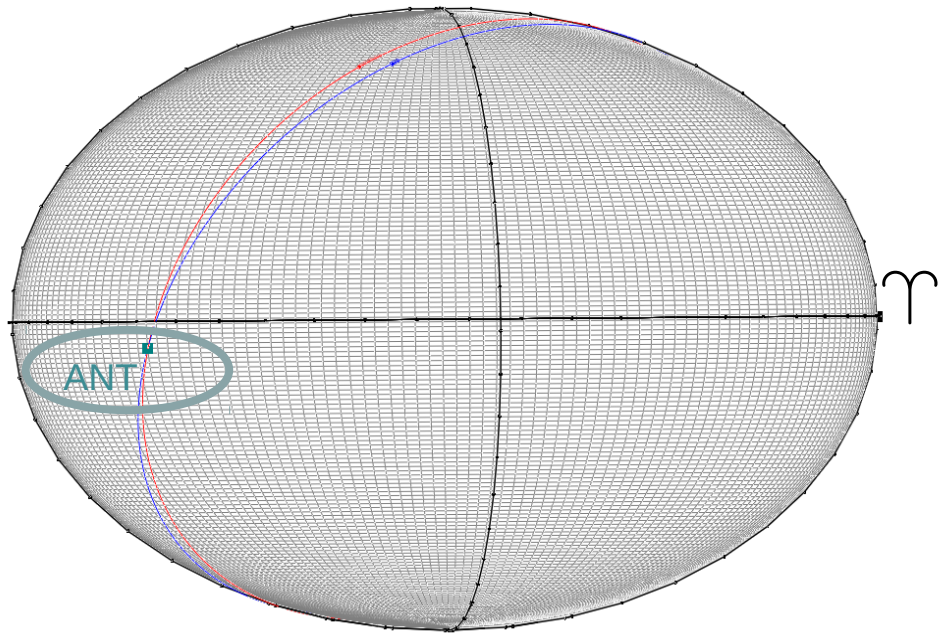
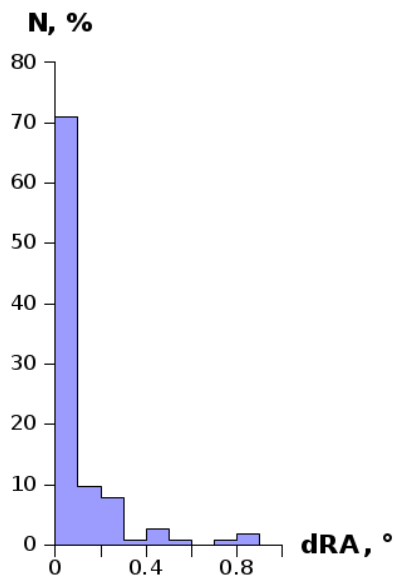
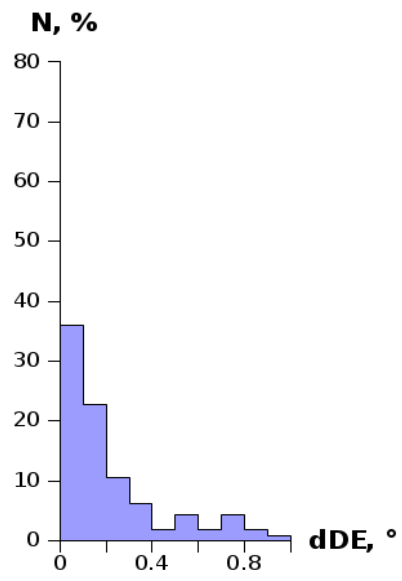


Рис. 3.8. Ілюстрація методу обчислення екваторіальних координат радіанта



а)



б)

Рис. 3.9. Розподілення похибок визначення координат радіанта: а) по прямому сходженню; б) по схиленню.

Похибки визначення радіантів залежать від кута між площинами, що проходять через великі круги проєкцій метеорної траєкторії на небесну сферу (Рис. 3.7):

$$Q_{12} = \sin(D_1)\sin(D_2) + \cos(D_1)\cos(D_2)\cos(A_1 - A_2).$$

Якщо площини перетинаються під малим кутом ($< 2^\circ$), то похибка зростає до десятків градусів, а оцінка координат радіанта стає недостовірною. При співпадінні площин визначення радіанта неможливе. Недоліком спостережень метеорів з малою базисною відстанню є досить велика кількість саме таких недостовірних радіантів (близько 25%). При формуванні каталогу геліоцентричних орбіт метеори з $Q_{12} < 2^\circ$ відкидаються.

3.4.2 Системи координат. Формули перетворення

В якості референц-еліпсоїда використовується WGS-84, півосі якого дорівнюють:

$$a = 6\,378\,137.0 \text{ м};$$

$$b = 6\,356\,752.3 \text{ м};$$

$$f = (a - b) / a .$$

Залежність радіусу референц-еліпсоїда від географічної широти φ :

$$N(\varphi) = \frac{a^2 b}{(a \cos(\varphi))^2 + (b \sin(\varphi))^2} .$$

Оскільки далі в розрахунках використовуються геодезичні координати, слід мати на увазі зв'язок між геоцентричною та геодезичною широтами:

$$\tan(\varphi') = \frac{N(\varphi)(1-f)^2 + h}{N(\varphi) + h} \tan(\varphi) ,$$

де φ' – геоцентрична широта, φ – геодезична широта, h – висота.

ECEF (earth-centered, earth-fixed) – геоцентрична декартова система відліку. Зв'язок геодезичних координат точки з ECEF:

$(\varphi, \lambda, h) \rightarrow (X, Y, Z)$:

$$\begin{aligned} X &= (N(\varphi) + h) \cos(\varphi) \cos(\lambda); \\ Y &= (N(\varphi) + h) \cos(\varphi) \sin(\lambda); \\ Z &= \left(\frac{b^2}{a^2} N(\varphi) + h\right) \sin(\varphi). \end{aligned} \quad (3.4)$$

$(X, Y, Z) \rightarrow (\varphi, \lambda, h)$ (рішення Феррарі):

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{X^2 + Y^2}; \\ e^2 &= (a^2 - b^2) / b^2; \\ e^2 &= 1 - \frac{b^2}{a^2}; \\ E^2 &= a^2 - b^2; \\ F &= 54 b^2 Z^2; \\ G &= r^2 + (1 - e^2) Z^2 - e^2 E^2; \\ C &= \frac{e^4 F r^2}{G^3}; \\ S &= \sqrt[3]{1 + C + \sqrt{C^2 + 2C}}; \\ P &= \frac{F}{3 \left(S + \frac{1}{S} + 1\right) G^2}; \\ Q &= \sqrt{1 + 2e^4 P}; \\ r_0 &= \frac{-P e^2 r}{1 + Q} + \sqrt{\frac{1}{2} a^2 \left(1 + \frac{1}{Q}\right) - \frac{P(1 - e^2) Z^2}{Q(1 + Q)} - \frac{1}{2} P r^2}; \\ U &= \sqrt{(r - e^2 r_0)^2 + Z^2}; \end{aligned}$$

$$V = \sqrt{(r - e^2 r_0)^2 + (1 - e^2) Z^2};$$

$$Z_0 = \frac{b^2 Z}{a V};$$

Остаточні вирази для геодезичних координат:

$$h = U \left(1 - \frac{b^2}{a V}\right); \quad (3.5a)$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{Z + e'^2 Z_0}{r}\right); \quad (3.5б)$$

$$\lambda = \arctan(Y/X). \quad (3.5в)$$

ENU (East-North-Up) – локальна декартова система координат. Зв'язок з локальною горизонтальною системою координат:

$(r, Ev, Az) \rightarrow (x, y, z)$:

$$\begin{aligned} x &= r \cos(Ev) \cos(Az); \\ y &= r \cos(Ev) \sin(Az); \\ z &= r \sin(Ev). \end{aligned} \quad (3.6)$$

$(x, y, z) \rightarrow (r, Ev, Az)$:

$$\begin{aligned} Ev &= \arcsin(z/r); \\ Az &= \arctan(Y/X); \\ r &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Зв'язок між локальною декартовою та геоцентричною системами координат:

$(X, Y, Z) \rightarrow (x, y, z)$:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin(\lambda_r) & \cos(\lambda_r) & 0 \\ -\sin(\varphi_r) \cos(\lambda_r) & -\sin(\varphi_r) \sin(\lambda_r) & \cos(\varphi_r) \\ \cos(\varphi_r) \cos(\lambda_r) & \cos(\varphi_r) \sin(\lambda_r) & \sin(\varphi_r) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_p - X_r \\ Y_p - Y_r \\ Z_p - Z_r \end{pmatrix}, \quad (3.8)$$

де $\{X_r, Y_r, Z_r\}$ – пункт спостереження, $\{X_p, Y_p, Z_p\}$ – точка.

$(x, y, z) \rightarrow (X, Y, Z)$:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin(\lambda) & -\sin(\varphi)\cos(\lambda) & \cos(\varphi)\cos(\lambda) \\ \cos(\lambda) & -\sin(\varphi)\sin(\lambda) & \cos(\varphi)\sin(\lambda) \\ 0 & \cos(\varphi) & \sin(\varphi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_r \\ Y_r \\ Z_r \end{pmatrix}. \quad (3.9)$$

3.4.3 Кінематичні параметри атмосферної траєкторії. Висоти і географічні координати. Швидкості

Перед тим як обчислювати висоти і географічні координати точок метеорної траєкторії треба визначити дальності r_1 і r_2 до них від пунктів спостереження S1 (координати $\lambda_{S1}, \varphi_{S1}, h_{S1}$) і S2 ($\lambda_{S2}, \varphi_{S2}, h_{S2}$), а також кути Az_1, Ev_1, Az_2, Ev_2 , що визначають напрямки в топоцентричній горизонтальній системі координат. Розберемо обчислення величин r, Az, Ev (або z) для однієї станції S1. Спочатку треба визначити відстань b_{12} між S1 і S2, а також напрям Az_{12}, Ev_{12} на пункт S2 (користуючись формулами (3.4)-(3.9)). Далі, координати точки метеорної траєкторії, до якої визначається дальність, повинні бути переведені в першу екваторіальну систему координат τ_1, δ_1 [107]. Координати Az_{12}, Ev_{12} теж мають бути перетворені в T_{12}, D_{12} (часовий кут і схилення). Через точки τ_1, δ_1 і T_{12}, D_{12} проходить паралактичний круг, що перетинає проекцію метеорної траєкторії видиму з пункту S2 в точці τ_2, δ_2 [101]. Координати полюсу паралактичного круга τ_P, δ_P знаходяться за формулами, аналогічними (3.3), де замість координат полюсів великих кіл точки τ_1, δ_1 і T_{12}, D_{12} . Так само за точками T_{12}, D_{12} і τ_P, δ_P знаходимо τ_2, δ_2 . Тоді величина паралаксу:

$$P_{12} = \sin(\delta_1)\sin(\delta_2) + \cos(\delta_1)\cos(\delta_2)\cos(\tau_1 - \tau_2).$$

Далі обчислюються величини:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sin(\delta_1)\sin(D_{12}) + \cos(\delta_1)\cos(D_{12})\cos(\tau_1 - T_{12}); \\ \sigma_2 &= \sin(\delta_2)\sin(D_{12}) + \cos(\delta_2)\cos(D_{12})\cos(\tau_2 - T_{12}). \end{aligned}$$

Координати кореспондуючих точок повинні задовільняти критерію Бесселя:

$$\tan(D_{12}) \sin(\tau_1 - \tau_2) + \tan(\delta_1) \sin(\tau_2 - T_{12}) + \tan(\delta_2) \sin(T_{12} - \tau_1) = 0.$$

Дальності до точки τ_1 , δ_1 від кожного з пунктів спостережень:

$$r_1 = b_{12} \sin(\sigma_2) / \sin(\Pi_{12});$$

$$r_2 = b_{12} \sin(\sigma_1) / \sin(\Pi_{12}).$$

Зенітні відстані точки z , а отже і висоти $Ev = 90 - z$, для кожного з пунктів спостережень знаходимо з:

$$\cos(z_1) = \sin(\varphi_{S1}) \sin(\delta_1) + \cos(\varphi_{S1}) \cos(\delta_1) \cos(\tau_1);$$

$$\cos(z_2) = \sin(\varphi_{S2}) \sin(\delta_2) + \cos(\varphi_{S2}) \cos(\delta_2) \cos(\tau_2).$$

Азимуты точки для кожного з пунктів:

$$\tan(Az_1 - \pi) = \frac{\cos(\delta_1) \sin(\tau_1)}{-\cos(\varphi_{S1}) \sin(\delta_1) + \sin(\varphi_{S1}) \cos(\delta_1) \cos(\tau_1)};$$

$$\tan(Az_2 - \pi) = \frac{\cos(\delta_2) \sin(\tau_2)}{-\cos(\varphi_{S2}) \sin(\delta_2) + \sin(\varphi_{S2}) \cos(\delta_2) \cos(\tau_2)}.$$

Далі висоти і географічні координати точок метеорної траєкторії знаходимо з (3.4)-(3.9).

Видима швидкість V_o метеорного тіла обчислюється як довжина пройденого шляху за спостережений проміжок часу з урахуванням міркувань, викладених щодо кутової швидкості. Геоцентрична швидкість V_g обчислюється за виразом:

$$V_g = \sqrt{V_o^2 - \frac{2\mu_e}{N(\varphi) + h}},$$

$$\text{де } \mu_e = 3.986004418 \cdot 10^{14} \text{ м}^3/\text{с}^2.$$

3.4.4 Поправки координат радіанта

Положення радіанта має бути виправлене за добову аберацію і зенітне тяжіння. Корекція екваторіальних координат за добову аберацію:

$$\Delta \alpha = \frac{26.58 \pi}{180} \cos(\varphi) \cos(\tau) / (V_g \cos(DE_{rad}));$$

$$\Delta \delta = \frac{-26.58 \pi}{180} \cos(\varphi) \sin(\tau) \sin(DE_{rad}) / V_g.$$

Корекція зенітної відстані за зенітне тяжіння:

$$\Delta z = 2 \arctan\left(\tan\left(\frac{z_{rad}}{2}\right) \frac{V_o - V_g}{V_o + V_g}\right).$$

3.4.5 Геліоцентричний вектор руху метеороїда

Геліоцентричний вектор руху метеороїда обчислюється в системі координат ICRF і має три компоненти положення (X, Y, Z) і три – швидкості (V_x, V_y, V_z). Компоненти положення отримані за допомогою планетних ефемерид DE421 з використанням бібліотеки skyfield, написаній на мові програмування Python [115]. Компоненти геліоцентричної швидкості розраховуються як

$$\vec{V}_h = \vec{V}_g + \vec{V}_e,$$

де вектор швидкості Землі V_e розраховується за планетними ефемеридами DE421. Вектор геоцентричної швидкості має наступні компоненти:

$$\vec{V}_g = \begin{pmatrix} -V_g \sin(RA_{rad}^t) \cos(DE_{rad}^t) \\ -V_g \cos(RA_{rad}^t) \cos(DE_{rad}^t) \\ -V_g \sin(DE_{rad}^t) \end{pmatrix},$$

де RA_{rad}^t , DE_{rad}^t - скоректовані за добову аберацію та зенітне тяжіння положення радіанту.

3.4.6 Елементи геліоцентричної орбіти метеороїда

Маючи геліоцентричний вектор стану у вигляді ($X, Y, Z; V_x, V_y, V_z$) через постійні інтегрування незбуреного кеплерового руху знаходимо елементи геліоцентричної орбіти метеороїда [107].

Геліоцентричний радіус вектор та швидкість:

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2};$$

$$V_h = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2};$$

Значення похідної радіус-вектора r :

$$r \dot{r} = X V_x + Y V_y + Z V_z;$$

Постійна енергії знаходиться з виразу:

$$V_h^2 = \frac{2\mu}{r} + h;$$

де $\mu = 1.32712440040944 \cdot 10^{20} \text{ m}^3/\text{s}^2$.

Якщо $h < 0$ (орбіта еліптична), зазвичай шукають велику піввісь a з виразу:

$$h = \frac{-\mu}{a};$$

але похибки обчислення становлять більшими ніж значення a .

Постійні площин:

$$Y V_z - Z V_y = c_1;$$

$$Z V_x - X V_z = c_2;$$

$$X V_y - Y V_x = c_3;$$

Постійні Лапласа:

$$\frac{-\mu x}{r} + c_3 V_y - c_2 V_z = f_1;$$

$$\frac{-\mu y}{r} + c_1 V_z - c_3 V_x = f_2;$$

$$\frac{-\mu z}{r} + c_2 V_x - c_1 V_y = f_3;$$

$$c = \sqrt{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2};$$

$$f = \sqrt{f_1^2 + f_2^2 + f_3^2};$$

Фокальний параметр орбіти

$$p = \frac{c^2}{\mu};$$

Ексцентриситет:

$$e = \frac{f}{a};$$

Істинна аномалія знаходиться з виразу:

$$r = \frac{p}{1 + e \cos(v)};$$

Користуючись співвідношеннями [107]:

$$X = r (\cos(u) \cos(\Omega) - \sin(u) \sin(\Omega) \cos(i));$$

$$Y = r (\cos(u) \sin(\Omega) - \sin(u) \cos(\Omega) \cos(i));$$

$$Z = r \sin(u) \sin(i);$$

$$u = v + \omega;$$

$$\frac{c_1}{c} = \sin(i) \sin(\Omega);$$

$$\frac{c_2}{c} = -\sin(i) \cos(\Omega);$$

$$\frac{c_3}{c} = \cos(i);$$

$$\frac{f_1}{f} = \cos(\omega) \cos(\Omega) - \sin(\omega) \sin(\Omega) \cos(i);$$

$$\frac{f_2}{f} = \cos(\omega) \sin(\Omega) - \sin(\omega) \cos(\Omega) \cos(i);$$

$$\frac{f_3}{f} = \sin(\omega) \sin(i);$$

$$\frac{c_2 f_3 - c_3 f_2}{cf} = -\sin(\omega) \cos(\Omega) - \cos(\omega) \sin(\Omega) \cos(i);$$

$$\frac{c_3 f_1 - c_1 f_3}{cf} = -\sin(\omega) \sin(\Omega) + \cos(\omega) \cos(\Omega) \cos(i);$$

$$\frac{c_1 f_2 - c_2 f_1}{cf} = \cos(\omega) \sin(i);$$

знаходимо довготу висхідного вузла:

$$\frac{c_1}{c_2} = -\tan(\Omega);$$

аргумент перигелію:

$$\frac{f_3 c}{c_1 f_2 - c_2 f_1} = \tan(\omega);$$

нахил до площини екліптики:

$$\frac{\sqrt{c_1^2 + c_2^2}}{c_3} = \tan(i).$$

Перигелійна та афелійна відстані:

$$q = \frac{p}{1+e}; \quad Q = \frac{p}{1-e};$$

Велика піввісь:

$$a = \frac{q+Q}{2}.$$

3.4.7 Метод Монте-Карло

Для оцінки похибок, а також для уточнення розрахунку параметрів атмосферних траєкторій і елементів орбіт, був впроваджений метод Монте-Карло [22, 23]. Даний метод заснований на генеруванні випадкових чисел відповідно до статистичних розподілів виміряних екваторіальних координат метеора і, як наслідок, отримання відповідних розподілів для всіх шуканих кінематичних і орбітальних параметрів метеорного тіла. Такий підхід дозволяє оцінити середнє квадратичне відхилення шуканих величин, а також уточнити їх математичне очікування. Ілюстрація методу на рис. 3.10 (взято з [23]).

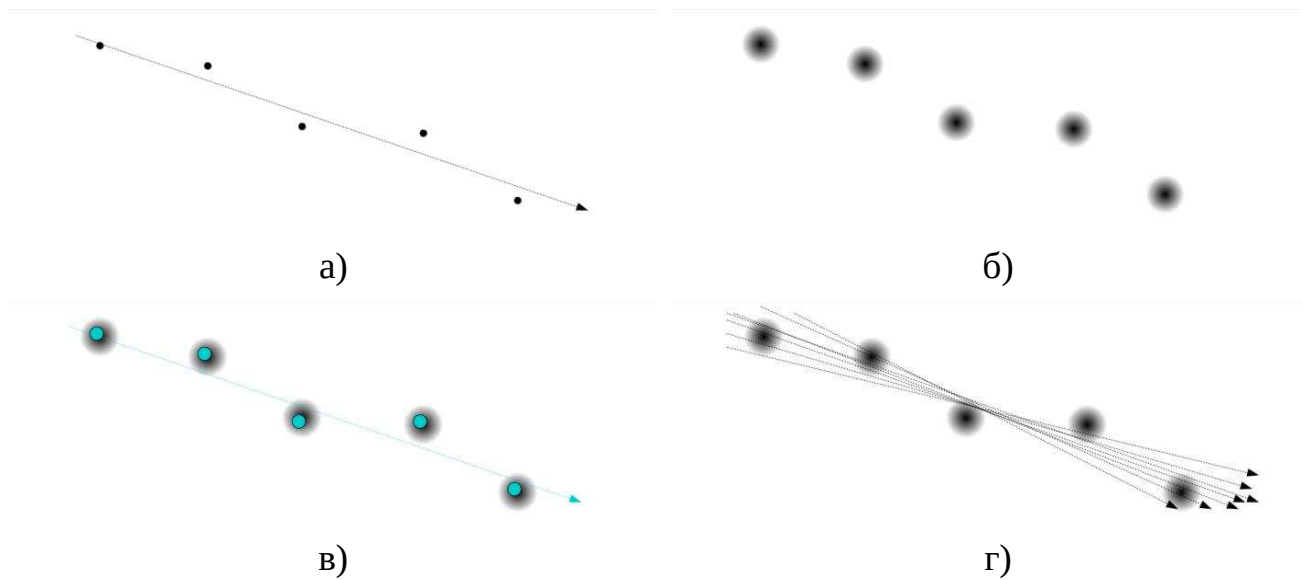


Рис. 3.10. Ілюстрація методу Монте-Карло

Знаходження математичного очікування для шуканих параметрів метеорної траєкторії і елементів геліоцентричної орбіти відбувалось за методикою, викладеною в [41].

На рис. 3.11-3.12 наведено приклад результату обчислень висот точок метеорної траєкторії. Верхня частина рисунку зображує розподіли оцінок висот для довільно обраних точок по кожній з двох проекцій метеорної траєкторії. Нижня частина містить залежності висот точок метеорних траєкторій від часу і відповідні до них географічні координати.

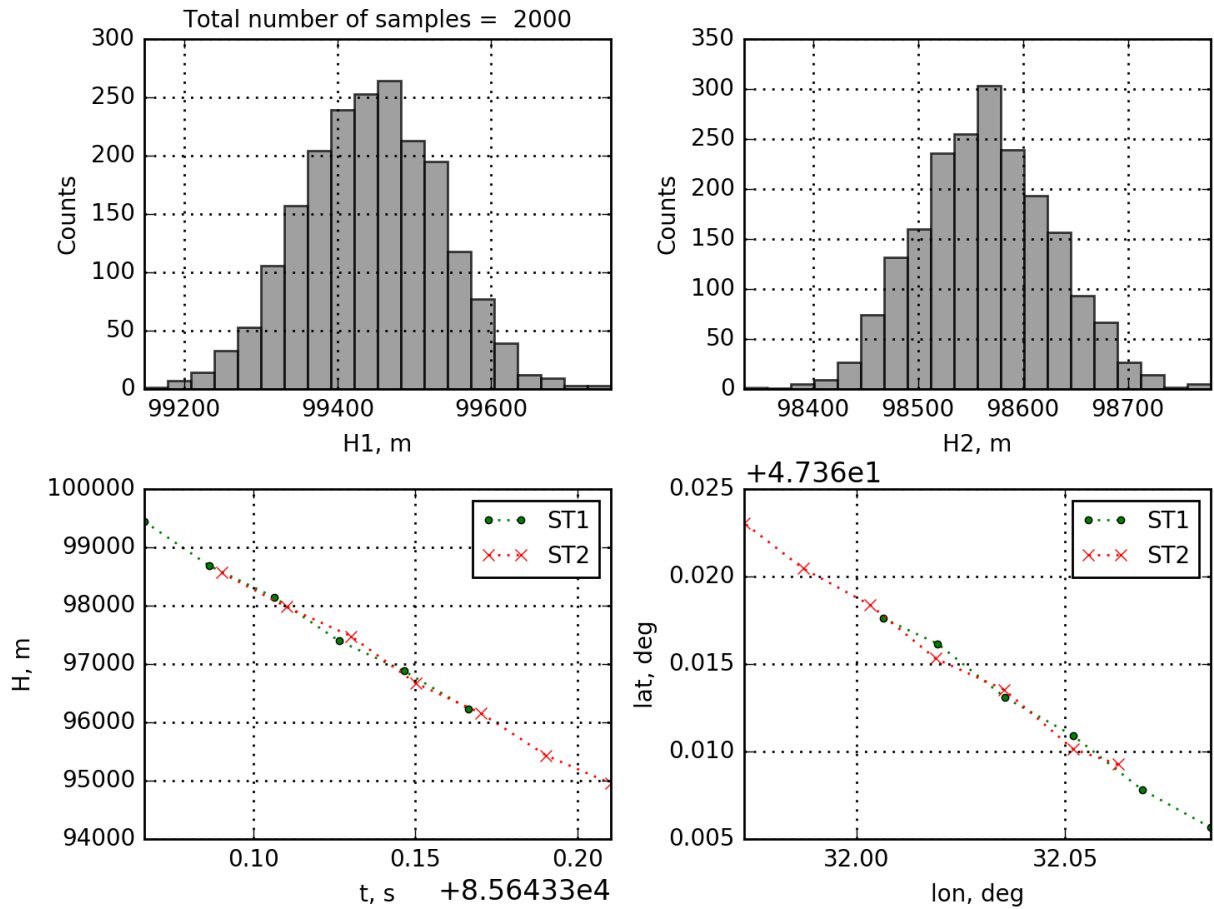


Рис. 3.11. Приклад визначення висот точок метеорної траєкторії методом Монте-Карло (пояснення в тексті)

Похибки визначення елементів орбіт в середньому склали:

- елементи геліоцентричної орбіти:

- 1) велика піввісь — 3.5 ау;
- 2) ексцентриситет — 0.03;
- 3) нахил — 0.6 °;
- 4) аргумент перигелію — 1.4 °;

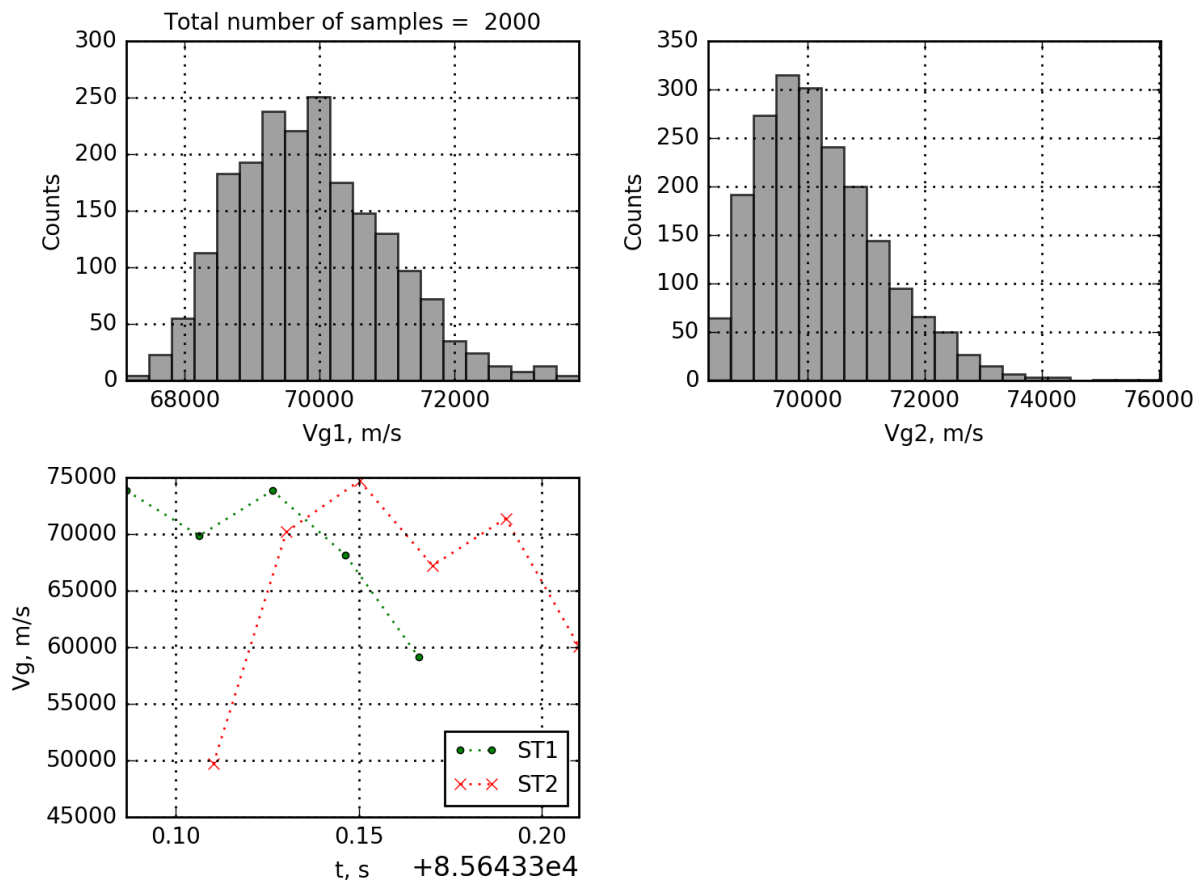


Рис. 3.12. Приклад визначення геоцентричної швидкості для точок метеорної траєкторії методом Монте-Карло

- параметри атмосферної траєкторії:

- 1) видима швидкість — 0.5 км / с;
- 2) висота над рівнем моря — 100-150 м;

- істинні екваторіальні координати радіанта:

- 1) пряме сходження — 0.1 °;
- 2) схилення — 0.3 °.

Висновки до розділу 3

В розділі 3 викладена методика обчислення параметрів метеорної траєкторії за односторонніми та базисними спостереженнями. Проаналізовані залежності похибок визначення координат ПВКМТ від кутової довжини спостереженої траєкторії і інтегральної зоряної величини метеора. Описана методика обчислення екваторіальних координат радіантів і параметрів атмосферної траєкторії метеорного тіла. Похибки всіх параметрів траєкторії, отриманих за базисними спостереженнями, обчислені методом Монте-Карло.

РОЗДІЛ 4 – КАТАЛОГ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І ЕЛЕМЕНТІВ ГЕЛІОЦЕНТРИЧНИХ ОРБИТ МЕТЕОРОЇДІВ

В 2013-2016 рр. проводились базисні спостереження метеорів з довжиною бази 11.7 км. За результатами спостережень обчислювались екваторіальні координати радіантів, параметри атмосферної траєкторії, вектор руху та елементи геліоцентричної орбіти з відповідними похибками. Отримано каталог елементів геліоцентричних орбіт для 1055 метеороїдів (Додаток А).

4.1 Аналіз параметрів атмосферної траєкторії метеорного тіла

Ключовими лінійними параметрами атмосферної траєкторії є довжина пройденого шляху і висоти початкових і кінцевих точок (Рис. 4.1). По лінійній довжині спостереженої траєкторії метеори не перевищують 15 км. Переважна більшість метеорів спостерігається в діапазоні висот від 80 до 120 км.

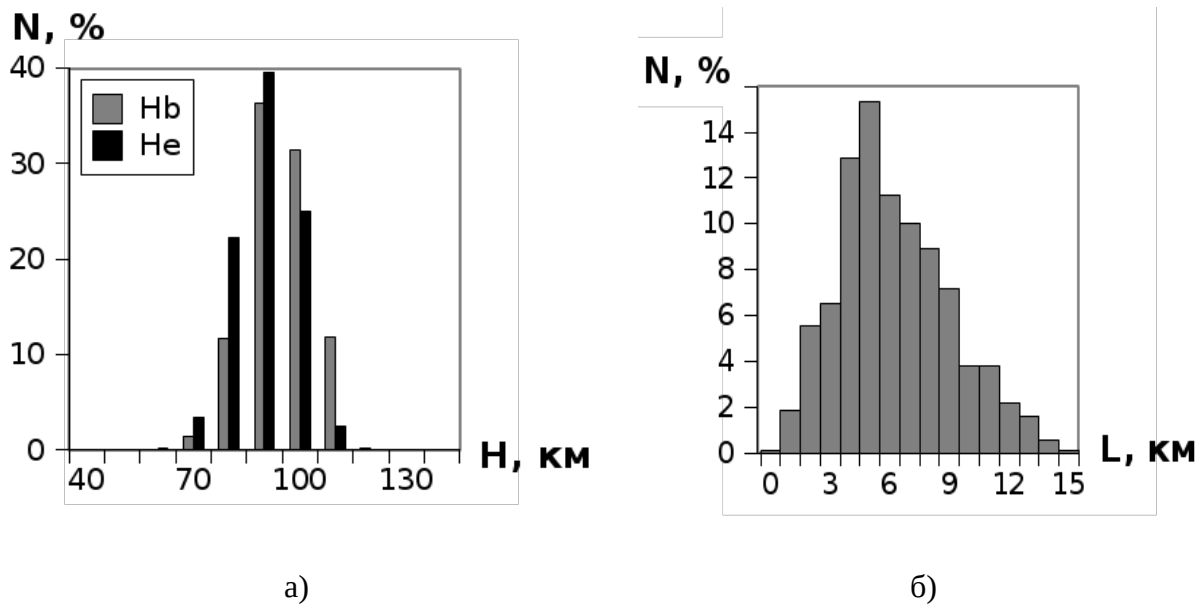


Рис.4.1. Розподілення метеорів по висотах H (а) і довжинах пройденого шляху L

(б)

Залежність висот появи та зникнення метеорів від геоцентричної швидкості показана на рис. 4.2.

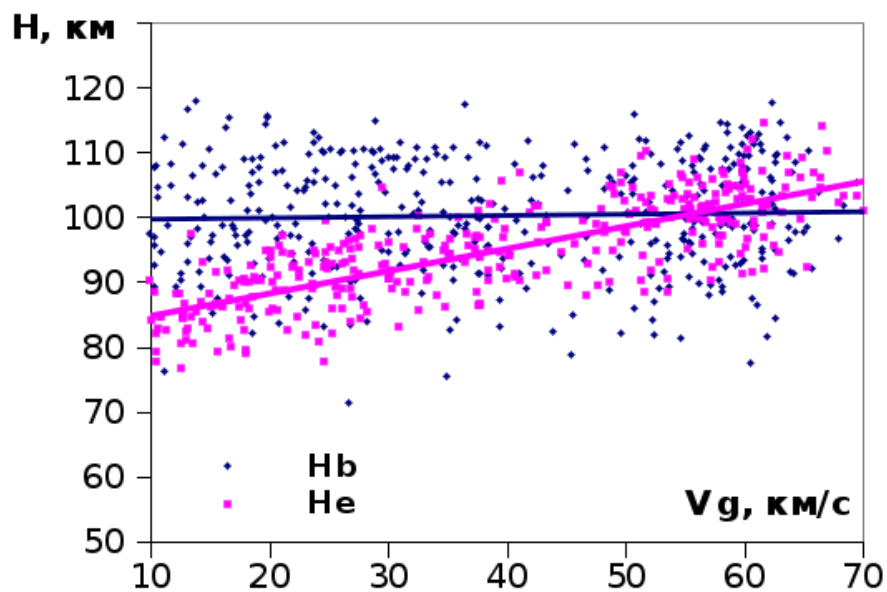


Рис.4.2. Залежність висот появи та зникнення метеорів від геоцентричної швидкості

Апроксимуючі прямі на рис. 4.2 мають вигляд (R^2 – коефіцієнт регресії):

$$H_b = 0.019160 V_g + 99.5958,$$

$$(R^2 = 0.0014);$$

$$H_e = 0.345414 V_g + 81.4338,$$

$$(R^2 = 0.6).$$

Апроксимуючі прямі на рис. 4.3 мають вигляд:

$$H_b = -0.352862 m_l + 101.177,$$

$$(R^2 = 0.0039);$$

$$H_e = -2.92442 m_l + 101.995,$$

$$(R^2 = 0.19).$$

Менший нахил прямої апроксимації для висоти появи метеора H_b (або його відсутність) є досить типовою картиною для інших каталогів [110].

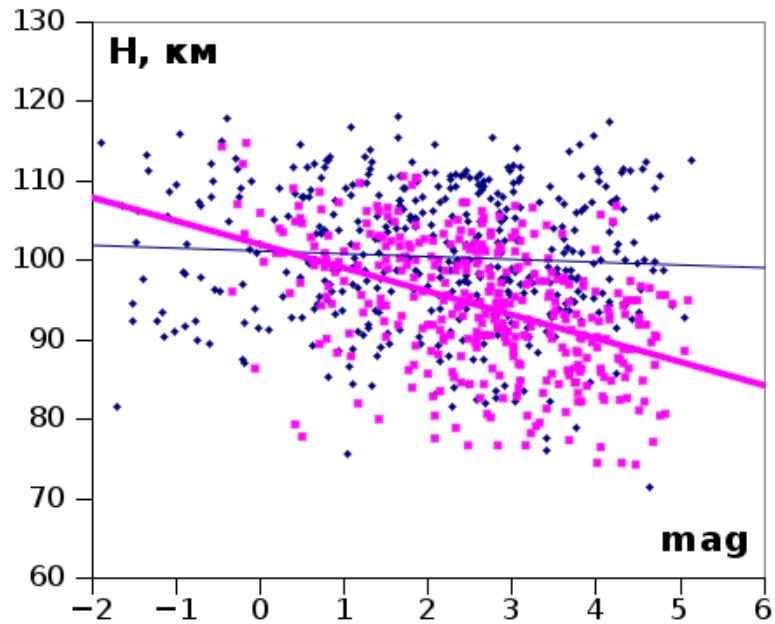


Рис. 4.3. Залежність висот появи та зникнення метеорів від зоряної величини метеора

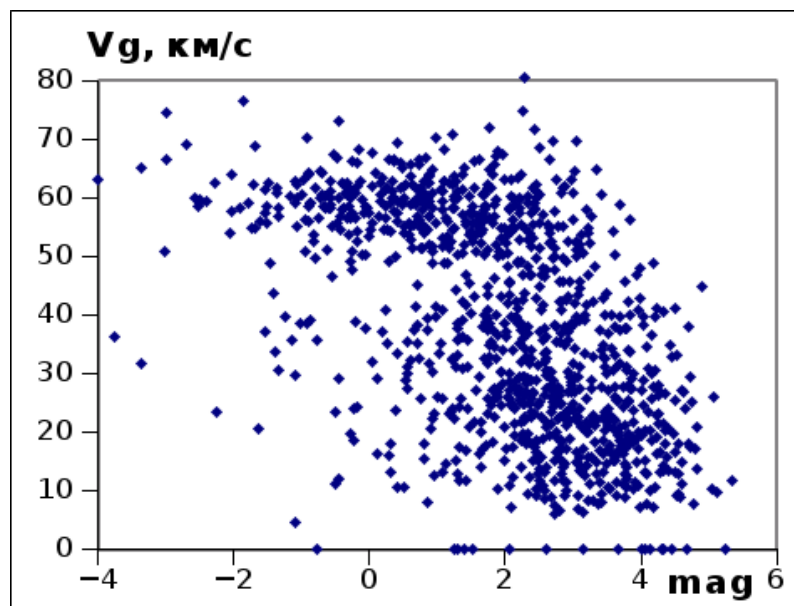


Рис. 4.4. Залежність геоцентричної швидкості від зоряної величини метеора

4.1.1 Зв'язок параметрів атмосферної траєкторії із зоряною величиною

На рис. 4.3 і 4.4 зображені залежності висот метеорів і геоцентричних швидкостей від абсолютної зоряної величини. З них можна зробити висновок, що найслабші з метеори, що спостерігаються, переважно повільні і зникають на менших висотах. Отже, щоб спостерігати більш слабкі метеори, треба метеорні телескопи наводити так, щоб їх оптичні вісі перетинались на висотах близько 80 км. Залежність геоцентричної швидкості від зоряної величини більш складна і пов'язана насамперед з рівнянням втрати маси [128].

4.2 Радіанти. Метеорні потоки і спорадичний фон

Розподілення радіантів на небесній сфері для 1055 метеорів (проекція Айтоф) показана на рис. 4.5.

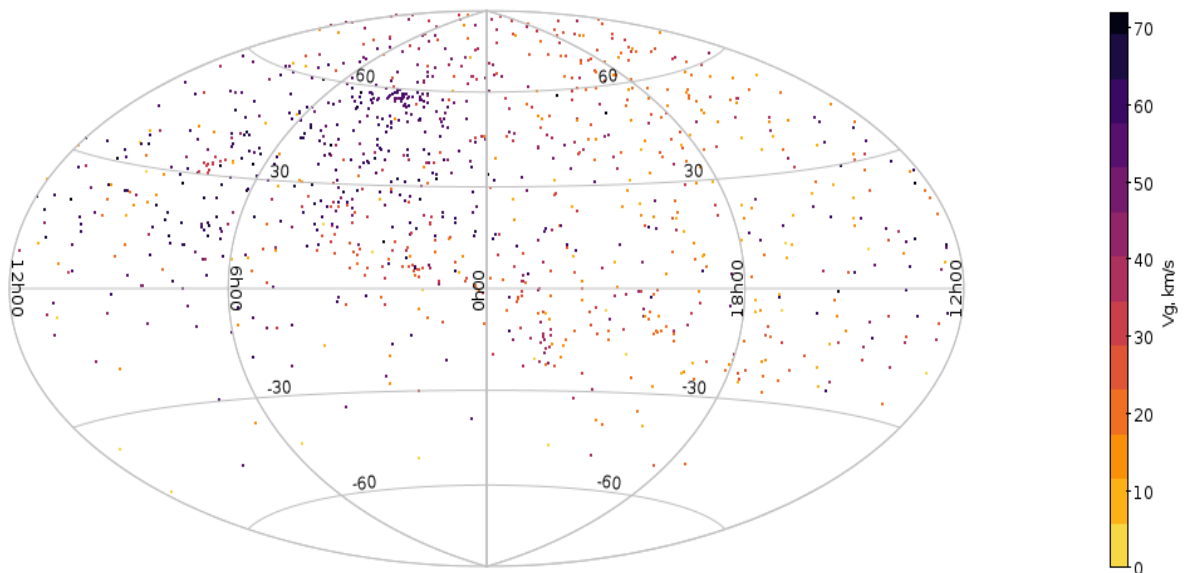


Рис. 4.5. Екваторіальні координати радіантів 2013-2016 рр.

4.2.1 Ототожнення індивідуальних метеорів з відомими метеорними потоками

85% метеорних радіантів - спорадичні. У таблиці 4.1 наведені відомості про потоки, для яких число ототожнених метеорів більше або дорівнює 5. При ототожненні застосовувалася так звана гео-модель (geo-based model), при якій порівнюються сонячна довгота, координати радіанта і геоцентрична швидкість метеора і потоку, взятого з каталогу [127]. При цьому допустимі відхилення для координат радіанта задавалися не більшими ніж 5° , для геоцентричної швидкості - $<20\%$. Значення відхилень розміщені в стовпчиках dr і dv . Були використані каталоги радіантів, створені на основі роботи кількох організацій і мереж: IMO, IMO VMN, Nippon Meteor Society, SonotaCo [40, 112, 114, 117].

Серед потоків в табл. 4.1 є декілька великих (Персеїди, Гемініди, Оріоніди, Півд. і Півн. Тауриди), так і низка малих і за даними [111] непідтверджених потоків (α -Кетиди, β -Ауригиди тощо). Якщо порівняти горизонтальні координати радіанта на період активності потоку з горизонтальними координатами наведення метеорних телескопів, то можна зробити висновок, що найбільше метеорів спостерігається в тому випадку, коли радіант потоку знаходиться поблизу (в межах 20°) поля зору телескопа. Для ототожнених потоків можна знайти спостережне значення D-критерію подібності орбіт Саутворта-Хокінса:

$$D_{SH}^2 = (e_2 - e_1)^2 + (q_2 - q_1)^2 + (2\sin(I/2))^2 + ((e_2 + e_1)/2)^2 \cdot (2\sin(I/2))^2 + ((e_2 + e_1)/2)^2 \cdot (2\sin(W/2))^2,$$

де

$$(2\sin(I/2))^2 = (2\sin((i_2 - i_1)/2))^2 + \sin(i_1) \cdot \sin(i_2) \cdot (2\sin((\Omega_2 - \Omega_1)/2))^2,$$

$$W = \omega_2 - \omega_1 + 2\arcsin(\cos((i_2 + i_1)/2) \cdot \sin((\Omega_2 - \Omega_1)/2) \cdot \sec(I/2)),$$

I – кут між площинами орбіт; e , q , i , ω , Ω – елементи орбіт.

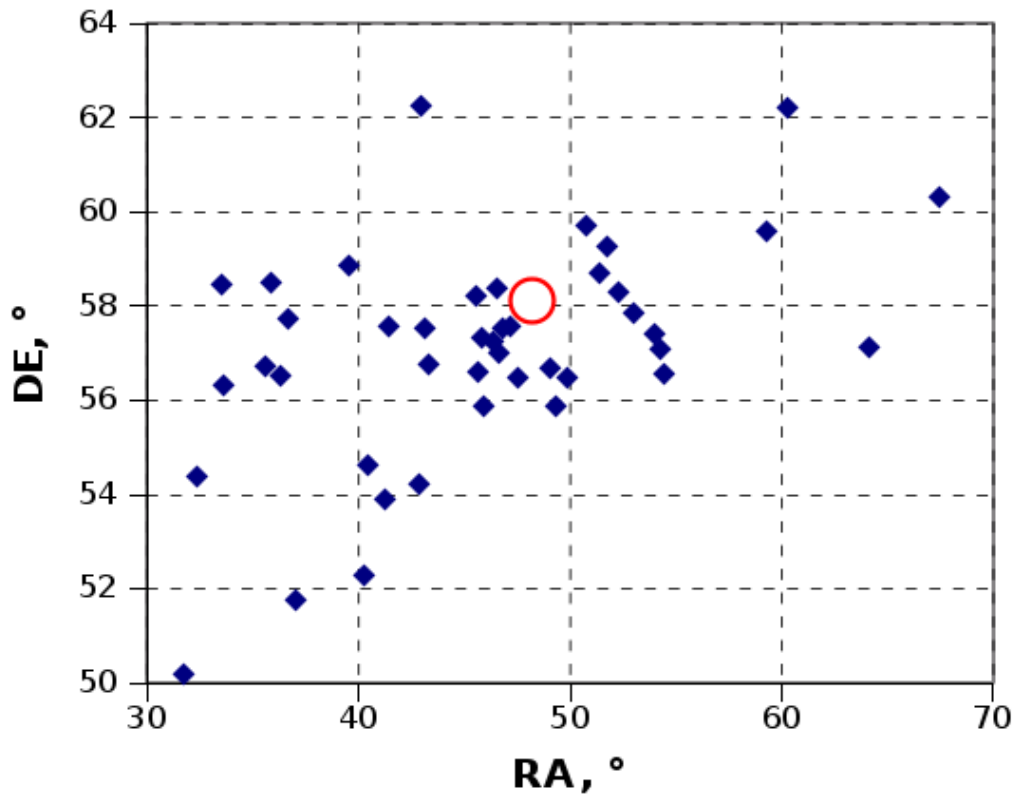


Рис. 4.6. Спостережені радіанти метеорів потоку Персеїди (тут і на подальших рисунках кружечком позначене місцеположення радіанта з каталога метеорних потоків MDC)

Таблиця 4.2

Елементи орбіти потоку Персеїди.

Параметр	MDC	Спостер. середнє	Спостер. СКВ
a	9.57	4.976	4.814
q	0.949	0.913	0.062
e	0.95	0.746	0.207
i	113.1	110.988	2.989
ω	150.4	139.583	16.504
Ω	139.3	137.275	6.746
D_{SH}	--	0.326	0.226

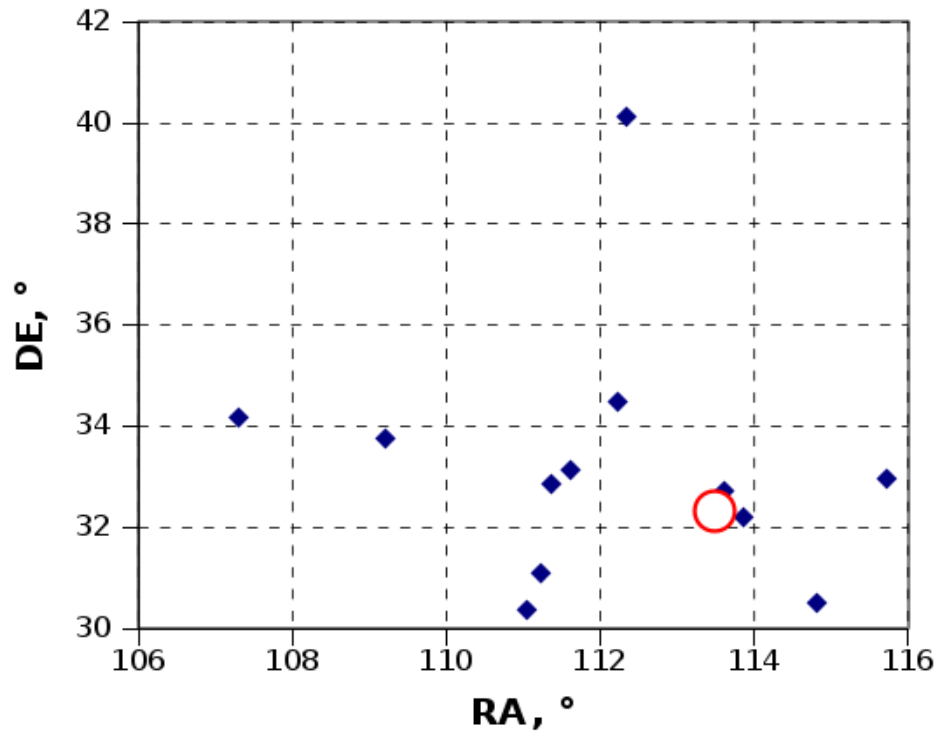


Рис. 4.7. Спостережені радіанти метеорів потоку Гемініди

Таблиця 4.3

Елементи орбіти потоку Гемініди.

Параметр	MDC	Спостер. середнє	Спостер. СКВ
a	1.31	1.270	0.333
q	0.145	0.163	0.016
e	0.889	0.868	0.019
i	22.9	22.305	5.834
ω	324.3	322.981	3.859
Ω	261.7	260.541	2.210
D_{SH}	--	0.099	0.081

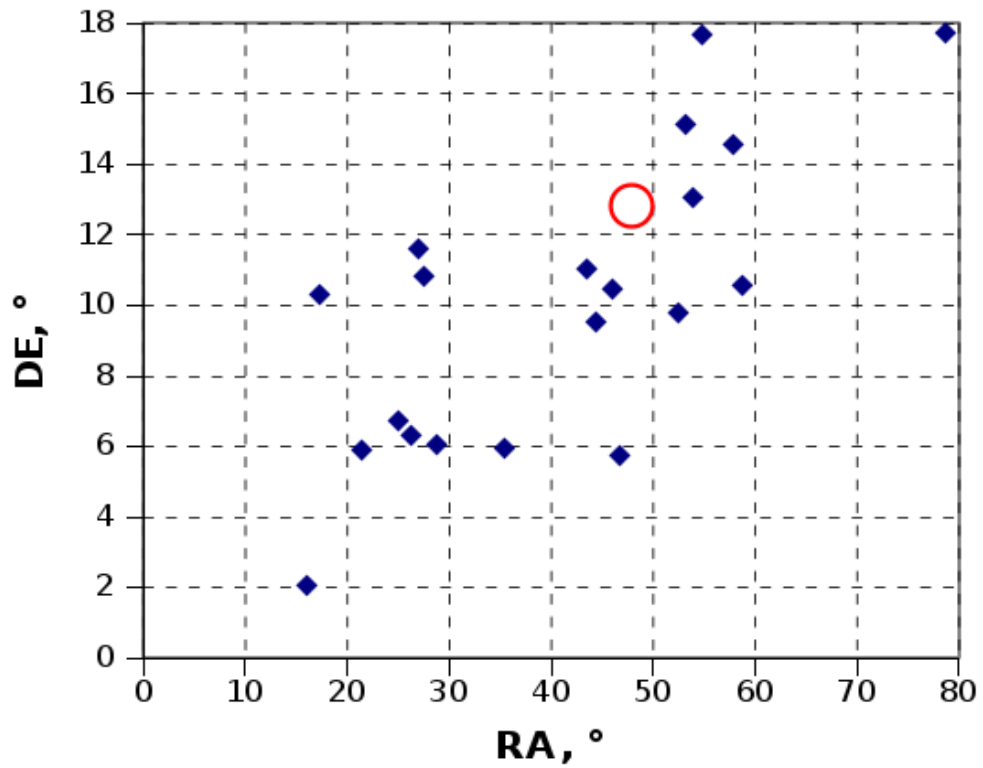


Рис. 4.8. Спостережені радіанти метеорів потоку Півд. Тауриди

Таблиця 4.4

Елементи орбіти потоку Півд. Тауриди.

Параметр	MDC	Спостер. середнє	Спостер. СКВ
a	1.95	1.637	0.357
q	0.353	0.342	0.093
e	0.798	0.785	0.060
i	5.3	5.651	2.923
ω	116.6	137.263	58.725
Ω	34.4	61.139	84.224
D_{SH}	--	0.218	0.157

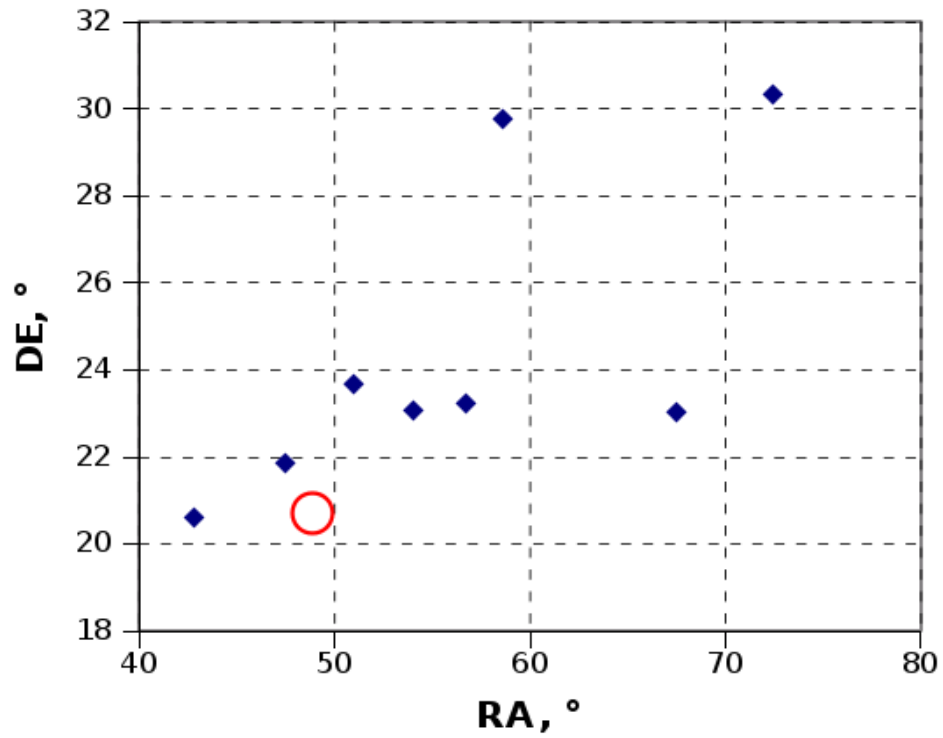


Рис. 4.9. Спостережені радіанти метеорів потоку Півн. Тауриди

Таблиця 4.5

Елементи орбіти потоку Півн. Тауриди.

Параметр	MDC	Спостер. середнє	Спостер. СКВ
a	2.13	1.989	0.299
q	0.355	0.410	0.112
e	0.829	0.786	0.092
i	3.0	4.731	2.784
ω	294.6	289.345	11.402
Ω	220.6	229.683	12.233
D_{SH}	--	0.175	0.122

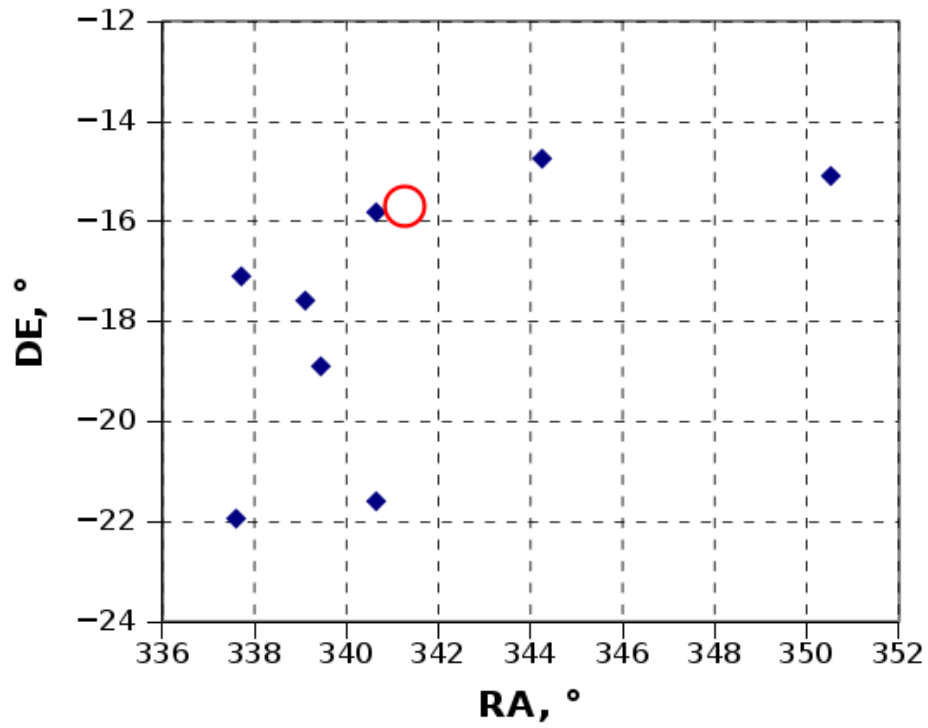


Рис. 4.10. Спостережені радіанти метеорів потоку Півд. δ -Акваріїди

Таблиця 4.6

Елементи орбіти потоку Півд. δ -Акваріїди.

Параметр	MDC	Спостер. середнє	Спостер. СКВ
a	2.59	3.334	3.288
q	0.069	0.110	0.015
e	0.975	0.952	0.022
i	29	27.727	8.362
ω	152.9	146.104	3.582
Ω	306.6	308.707	6.185
D_{SH}	--	0.178	0.056

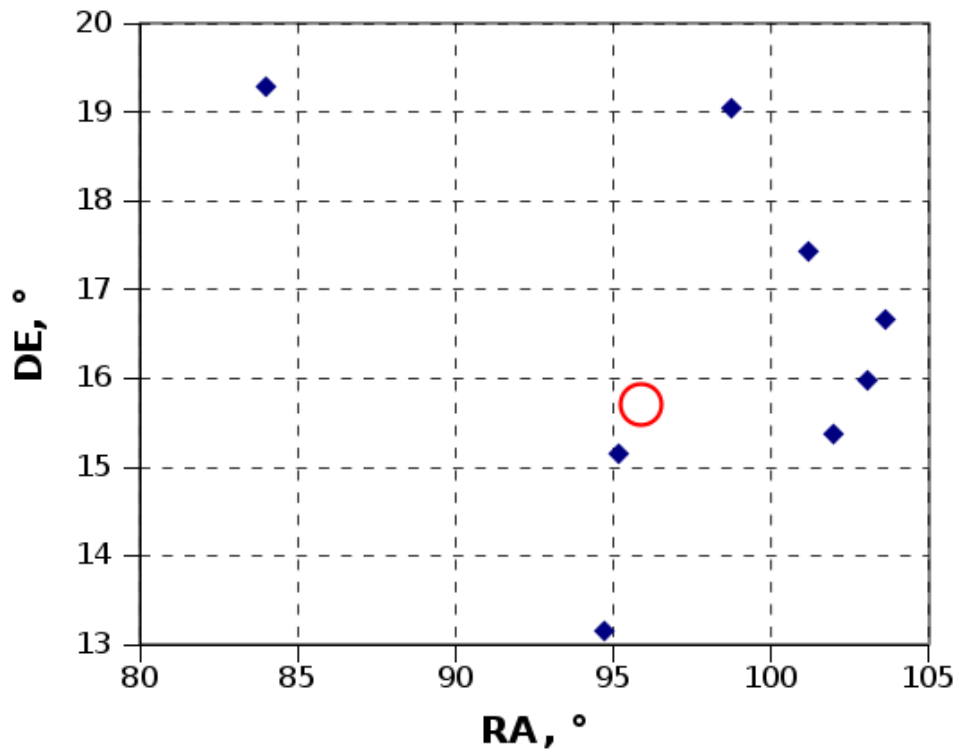


Рис. 4.11. Спостережені радіанти метеорів потоку Оріоніди

Таблиця 4.7

Елементи орбіти потоку Оріоніди.

Параметр	MDC	Спостер. середнє	Спостер. СКВ
a	6.87	1.898	0.754
q	0.578	0.438	0.171
e	0.944	0.795	0.121
i	163.9	163.920	5.774
ω	82.2	106.326	23.120
Ω	28.3	31.469	10.435
D_{SH}	--	0.446	0.229

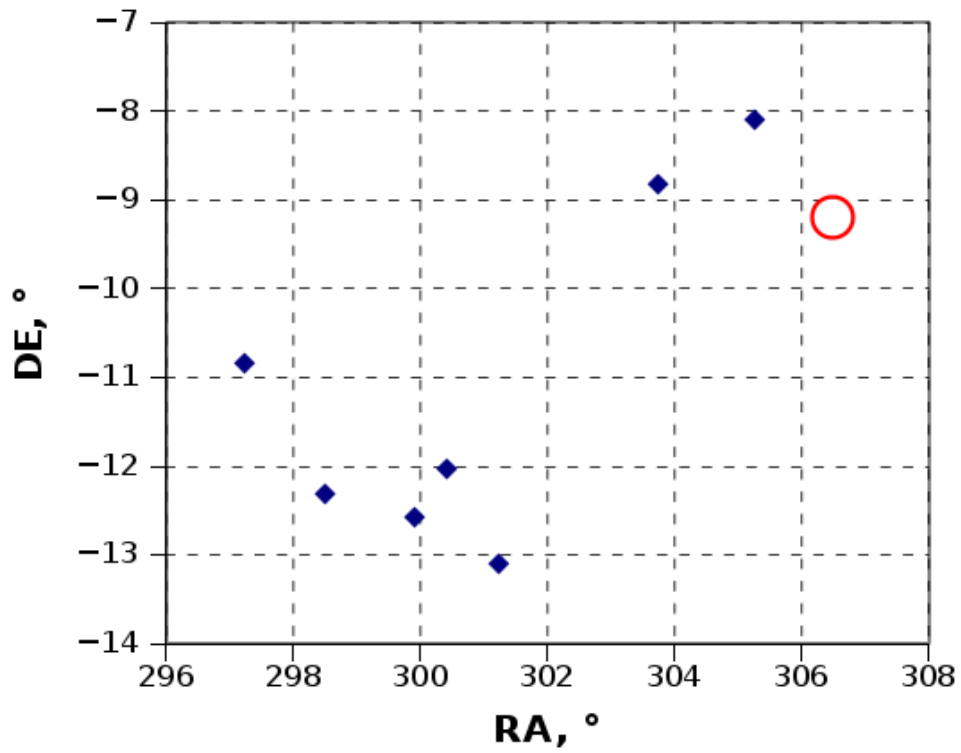


Рис. 4.12. Спостережені радіанти метеорів потоку α -Каприкорніди

Таблиця 4.8

Елементи орбіти потоку α -Каприкорніди.

Параметр	MDC	Спостер. середнє	Спостер. СКВ
a	2.54	2.009	0.250
q	0.578	0.623	0.056
e	0.774	0.684	0.065
i	7.5	5.986	1.044
ω	268.9	267.117	5.391
Ω	125.4	122.430	5.032
D_{SH}	--	0.132	0.077

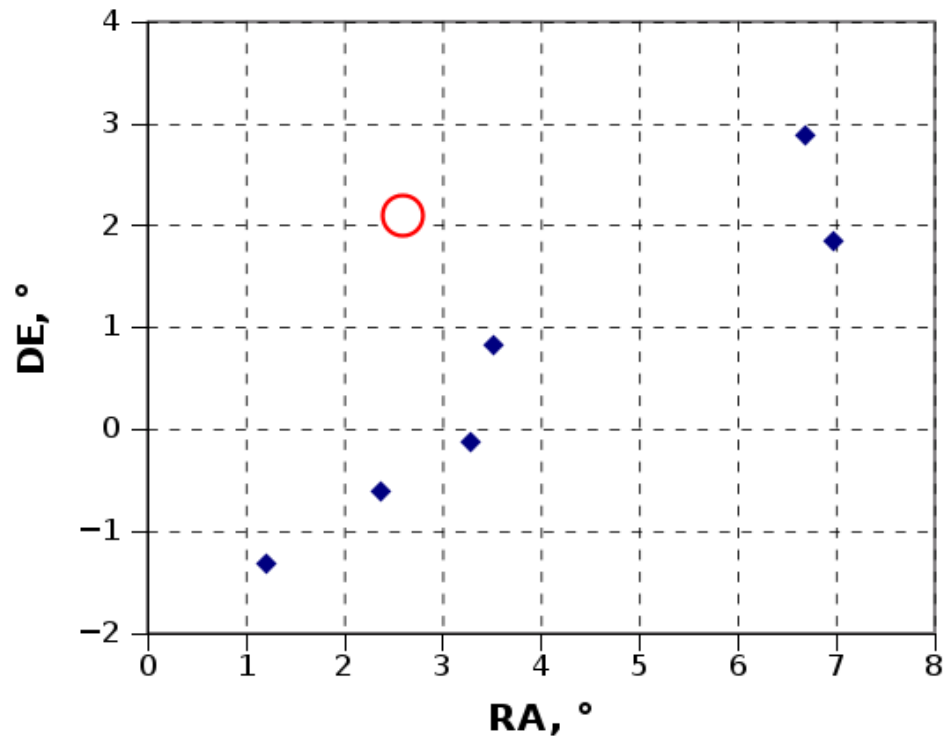


Рис. 4.13. Спостережені радіанти метеорів потоку ̣-Кетиди

Таблиця 4.9

Елементи орбіти потоку ̣-Кетиди.

Параметр	MDC	Спостер. середнє	Спостер. СКВ
a	2.35	1.567	0.306
q	0.373	0.353	0.090
e	0.841	0.768	0.070
i	1.1	1.210	0.846
ω	252.3	119.916	9.910
Ω	212.5	349.845	4.463
D_{SH}	--	0.172	0.039

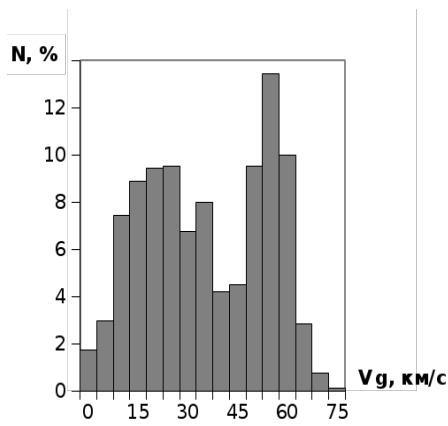
Таблиця 4.10.

Ототоженні метеорні потоки

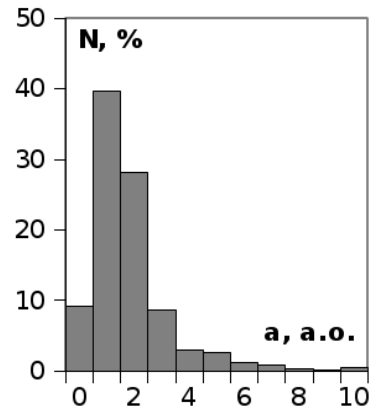
ID, назва потоку	Спостере жених метеорів	Період активності	Максимум	RA, °	DE, °	dr , °	dv , %
SPO, спорадичні	737	--	--	--	--	--	--
Per, Персеїди	43	15.07-17.08	13.08	47.2	57.7	2.1	5.3
sTa, Півд. Тауриди	21	15.09-26.11	01.11	50.1	13.4	3.7	9.7
Gem, Гемініди	12	07.12-17.12	14.12	112.8	32.3	1.8	5.5
nTa, Півн. Тауриди	8	19.10-01.12	13.09	62.0	24.0	5.0	10.8
sdA., Півд. δ - Акваріїди	8	21.07-15.08	27.07	341.9	-16.2	2.0	5.8
Ori, Оріоніди	8	21.09-16.11	21.10	95.5	55.5	2.8	8.6
Cap, Каприкорніди	7	15.07-20.08	02.08	305.7	-9.4	3.2	10.7
iCe, ι -Кетиди	6	03.09-04.10	18.09	4.8	-1.4	3.2	9.6
bAu, β -Ауригїди	5	06.09-07.10	22.09	86.0	43.0	3.9	5.0
bPe, β -Персеїди	5	23.07-23.08	07.08	52.8	40.2	4.2	11.8
pSa, ψ -Ауригїди	5	26.09-27.10	12.10	107.0	42.0	2.2	8.8
sPe, вересневі ϵ - Персеїди	5	27.08-24.09	09.09	47.3	39.3	3.9	12.5
sPi, Півд. δ -Пісциди	5	01.09-01.10	16.09	23.6	5.1	1.3	11.9
siA, Півд. ι -Акваріїди	5	19.07-19.08	03.08	339.0	-15.6	2.2	11.8

4.3 Елементи геліоцентричних орбіт. Діаграми і розподілення.

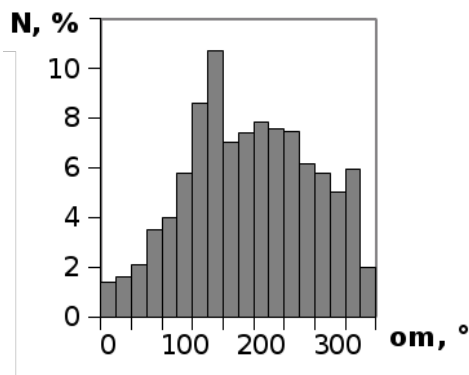
Розподілення метеороїдів по елементам геліоцентричних орбіт зображено на рис. 4.14-4.15. Діаграми (Рис.4.16-4.17) побудовані для всього масиву з 1055 орбіт, з яких окремо не виділено поточкові метеори.



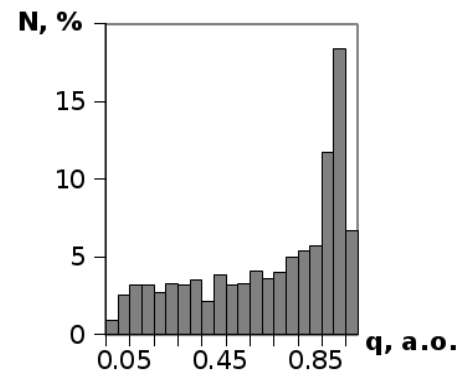
а)



б)



в)



г)

Рис. 4.14. Розподілення метеорів за: а) геоцентричною швидкістю; б) величиною великої піввісі; в) аргументом перигелію; г) перигелійною відстанню.

Порівняння розподілень елементів орбіт метеороїдів з аналогічними розподіленнями, опублікованих в [89], виявляє низку характерних особливостей, притаманних усім каталогам:

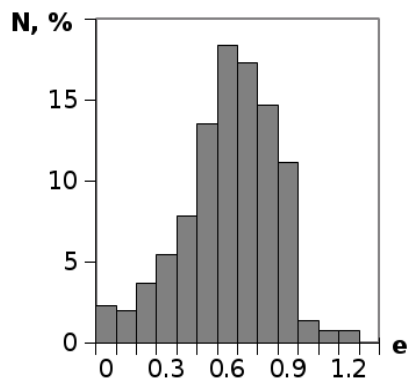
1) наявність в розподіленнях постійних максимумів, пов'язаних з великими метеорними потоками (Рис.4.14 в; рис. 4.15, б);

2) загальний характер деяких розподілень залишається незмінним незалежно від умов і способу проведення спостережень (Рис. 4.14, а, б, г; Рис.

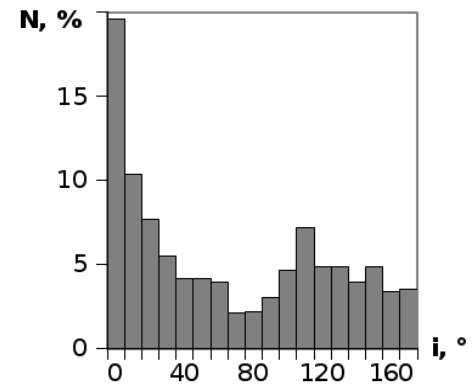
4.15, б, в);

3) розподілення елементів геліоцентричних орбіт отримані зі спостережень подібною апаратурою при схожих умовах, повинні мати однаковий характер;

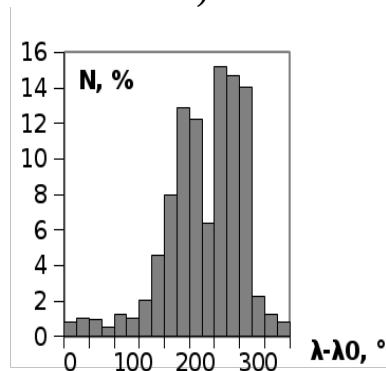
4) спостережені розподілення швидкостей і елементів орбіт є результатом селекції, що виникає внаслідок умов спостережень, і, щоб отримати істинні розподілення орбітальних елементів, потрібно врахувати низку поправок [15, 22, 23, 37, 38, 50, 118, 127].



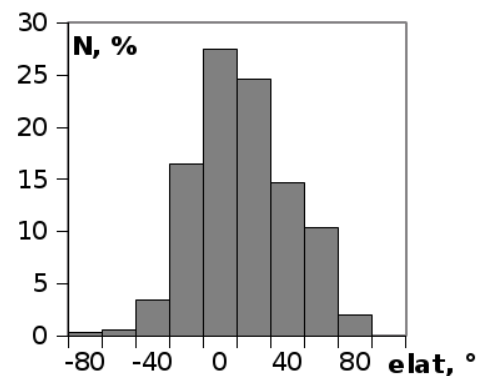
а)



б)

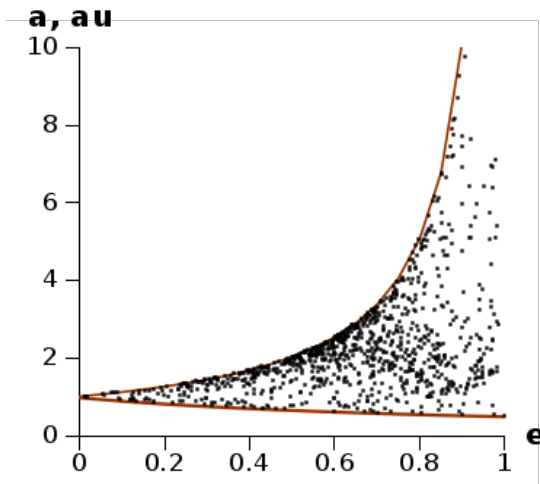


в)

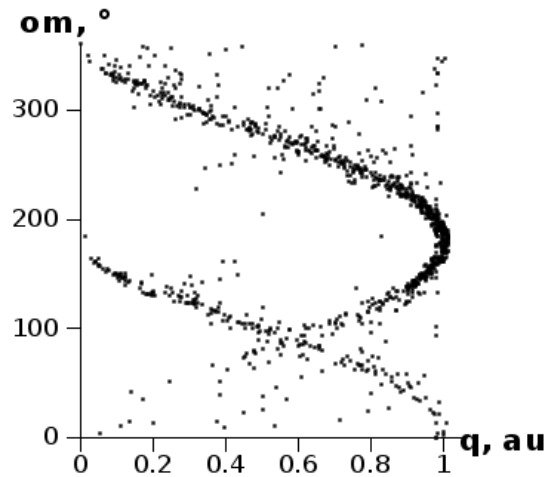


г)

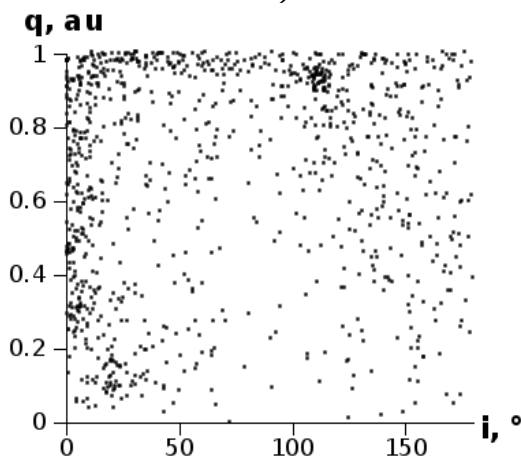
Рис. 4.15. Розподілення метеорів за: а) ексцентриситетом; б) нахилом; в) екліптичною довготою радіанта по відношенню до довготи Сонця; г) екліптичною широтою радіанта.



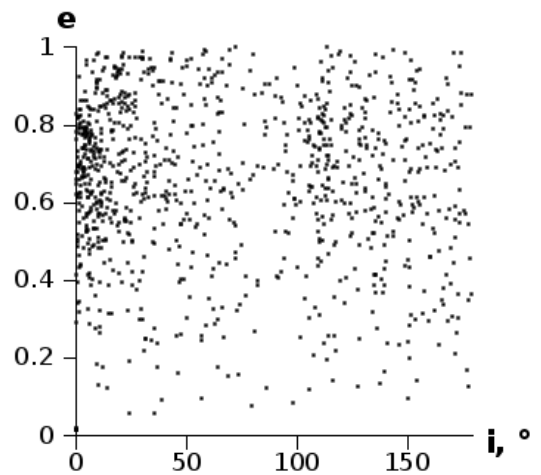
а)



б)



в)



г)

Рис. 4.16. Діаграми параметрів геліоцентричної орбіти метеороїда: а) велика піввісь від ексцентриситету; б) аргумент перигелію від перигелійної відстані; в) перигелійна відстань від нахилу г) ексцентриситет від нахилу.

На рис. 4.16, а діаграма “велика піввісь - ексцентриситет” містить також дві теоретичні криві: верхня відповідає перигелійній відстані 1.0167 а.е.; нижня відповідає афелійній відстані 0.9833 а.о.

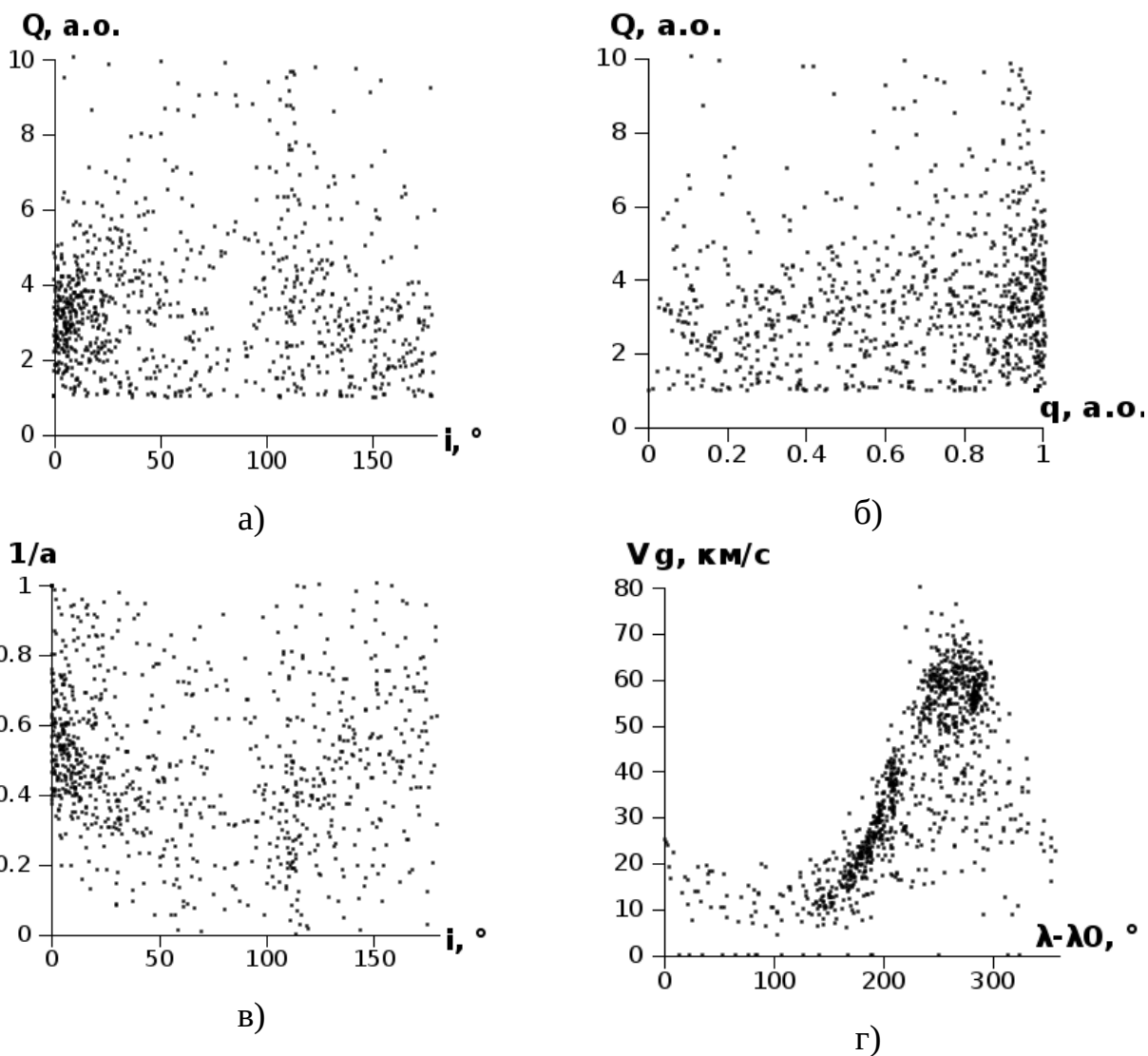


Рис.4.17. Діаграми параметрів геліоцентричної орбіти метеороїда: а) велика піввісь від ексцентриситету; б) аргумент перигелію від перигелійної відстані; в) перигелійна відстань від нахилу г) ексцентриситет від нахилу

4.4 Фотометричні маси як статистичний критерій

Каталог елементів геліоцентричних орбіт отримано для 1055 метеороїдів в діапазоні фотометричних мас 10^{-7} – 10^{-2} кг (Рис. 4). Величина фотометричної маси метеороїда оцінювалась за наближеною моделлю запропонованою Кручиненко [29]:

$$m_0 = \frac{1.62 \cdot 10^5 \cdot 2.512^{-M}}{V_0^4 \cdot \cos(z_R)},$$

де M — абсолютна зоряна величина метеора, V_0 — геоцентрична швидкість, км/с, z_R — зенітна відстань радіанта. Величина фотометричної маси відіграє в даному випадку роль статистичного параметра, за яким проводиться класифікація метеорних тіл. Абсолютна зоряна величина метеора M розраховується за інструментальною m_I з урахування дальності до метеорної траєкторії r , нормованої на 100 км [82]:

$$M = m_I + 2.5 \log\left(\frac{100^2}{r^2}\right) .$$

На рис. 4.18 показано розподілення метеороїдів по фотометричній масі в порівнянні з відкритими базами даних і каталогами елементів орбіт метеороїдів, отриманих різними метеорними мережами.

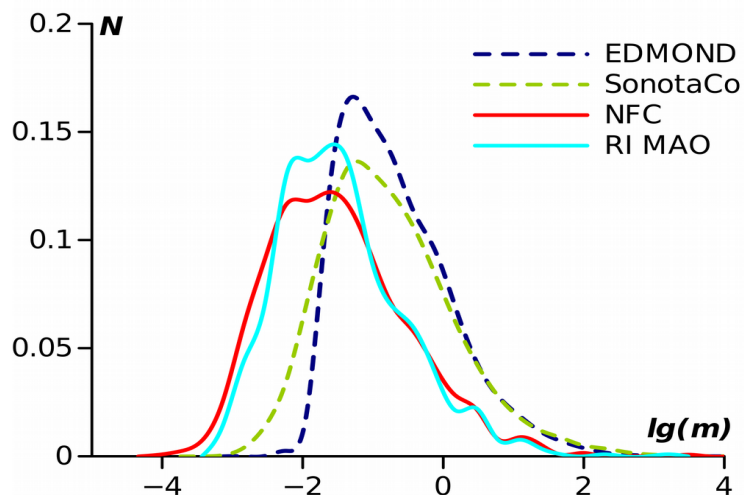


Рис. 4.18 Розподілення метеороїдів по фотометричним масам для різних каталогів

На рис. 4.18 — 4.21 каталог НДІ «МАО» позначений як RI MAO. Інші каталоги, що взяті для порівняння: EDMOND, SonotaCo, NFC (див. Розділ 1).

Таким чином розрізняються два типи баз даних/каталогів орбіт метеорних тіл: "малого поля" (NFC, RI MAO) і "широкого поля" (SonotaCo, EDMOND) в залежності від того, який тип оптичної системи використовувався в спостереженнях. Для аналізу різних каталогів були відібрані тільки спорадичні метеори.

4.5 Порівняння з іншими каталогами.

4.5.1 Загальне порівняння.

В роботі [50] порівнюються дані мереж CAMS і SonotaCo, в тому числі порівнюються розподілення метеорів за зоряною величиною і геоцентричною швидкістю. Оскільки спостерігачі мережі CAMS використовують більш довгофокусну оптику, ніж SonotaCo, вони реєструють більш слабкі метеори і це викликає розбіжність в оцінюванні координат радіантів метеорних потоків і їх профілів активності. Особливо значні розбіжності виникають при спостереженні малих потоків, там де спостерігачі з більш короткофокусною оптикою (а таких переважна більшість) не здатні реєструвати слабкі і повільні метеори. Схожі закономірності виникають і при дослідженні спорадичного фону.

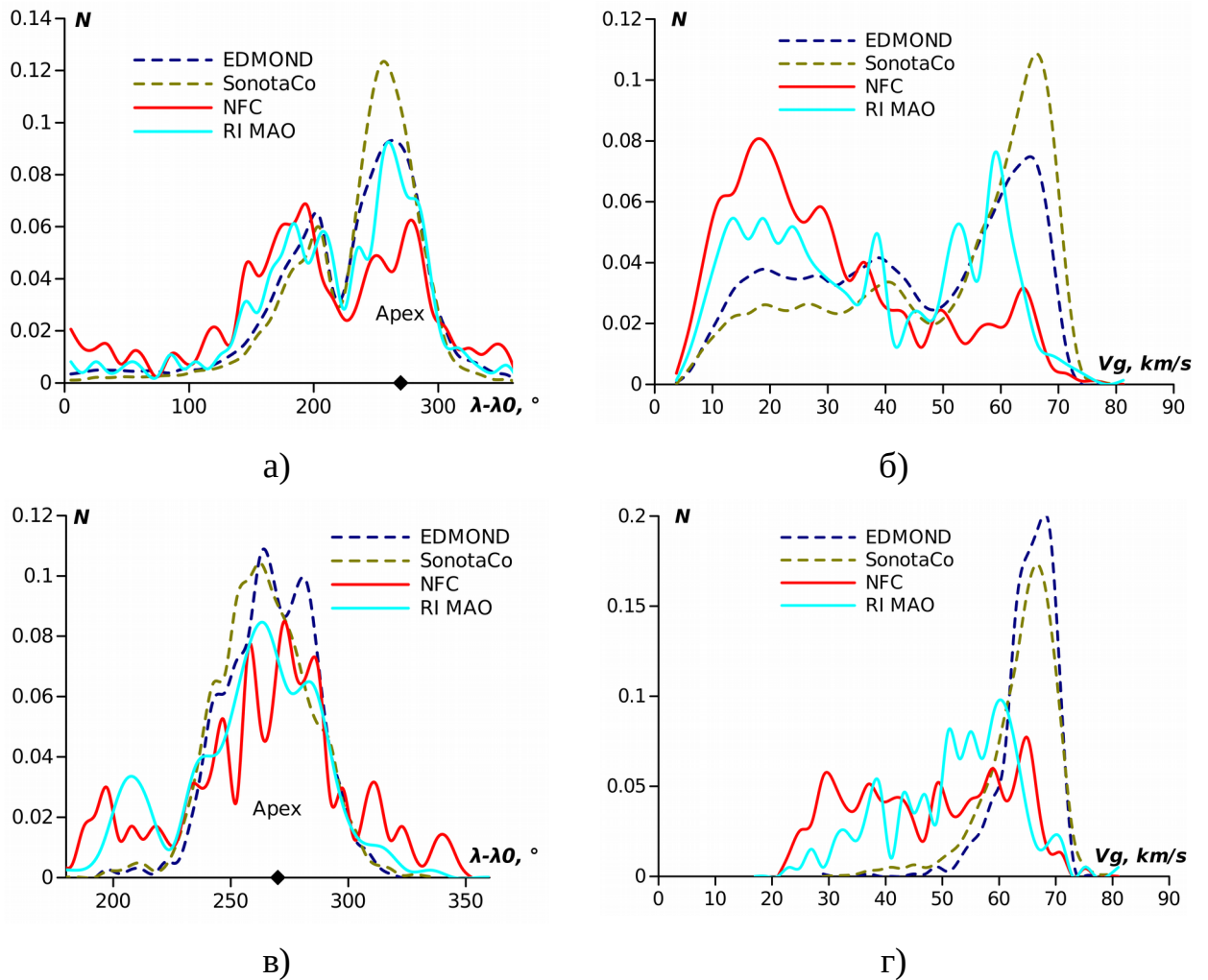


Рис.4.19. Розподіли спорадичних метеорів за а, в) сонячною довготою; б, г) геоцентричною швидкістю для всіх мас (а, б) і для мас <0.01 г (в, г).

Порівняння спорадичних метеорних радіантів та елементів орбіт для різних баз даних показало, що спостереження "малого поля" мають наступні характерні ознаки:

- 1) більш відносне число маломасивних метеороїдів (близько 30%), порівняно з великими базами даних, отриманими з ширококутних спостережень;
- 2) істотне збільшення кількості метеорів з малою швидкістю ($V_g < 20$ км/с).

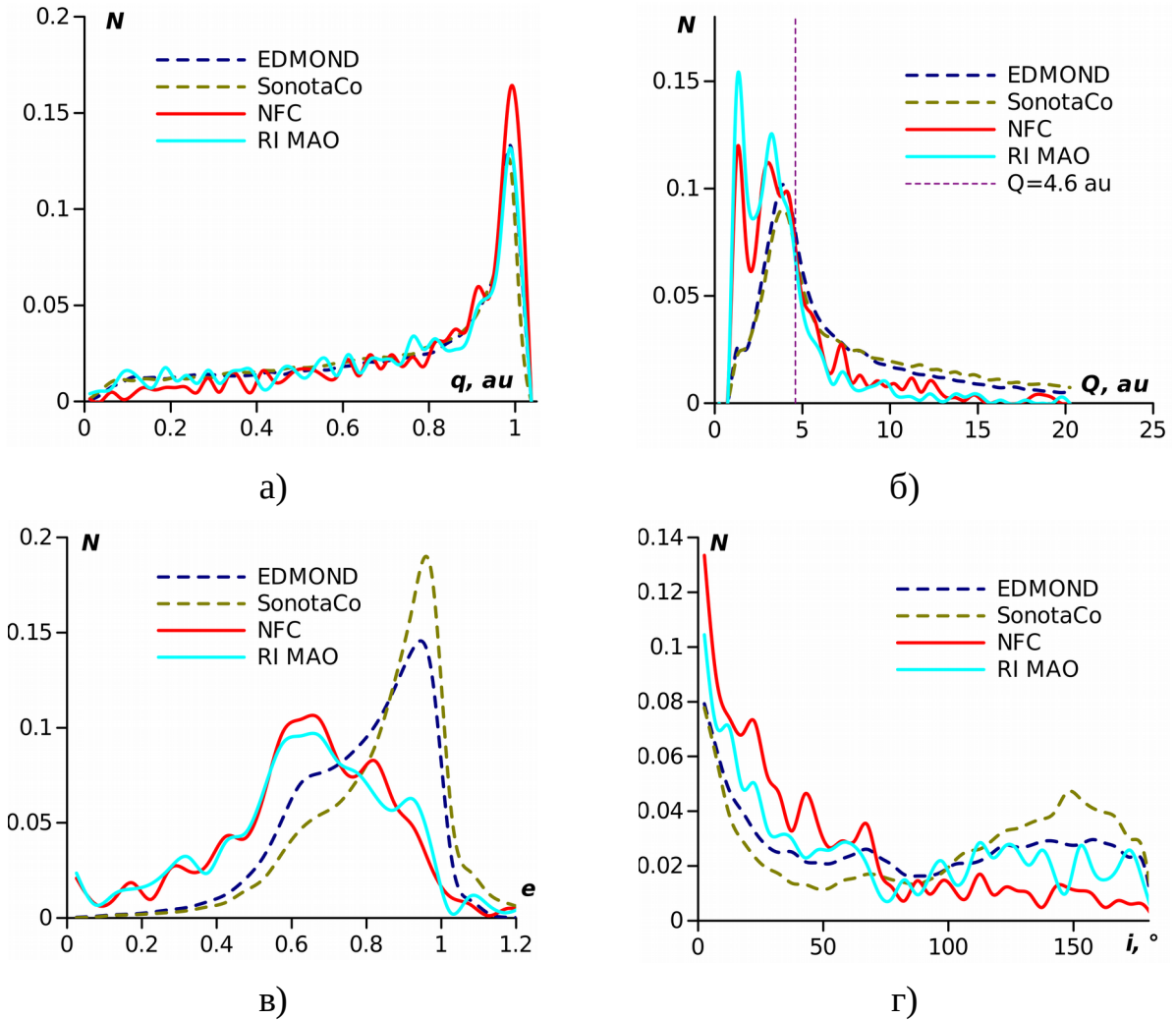


Рис. 4.20 Розподіли спорадичних метеорів за а) перигелійними відстанями; б) афелійними відстанями; в) ексцентриситетом; г) нахилом до екліптики для всіх мас.

4.5.1 Порівняння для діапазону мас < 0.01 г.

Метеороїди з $m < 0.01$ г мають деякі характерні ознаки, що відрізняються також у випадках спостережень різними оптичними системами:

- 1) бази даних "малого поля" мають більше орбіт з $e < 0.8$, ніж дані "широкого поля";

2) афелійні відстані в даних "малого поля" в основному менші за 4.6 а.о., але нахили таких орбіт більші за 75° , дані ширококутних спостережень мають лише ретроградні орбіти з афелійними відстанями, що переважно більші ніж 4.6 а.о.;

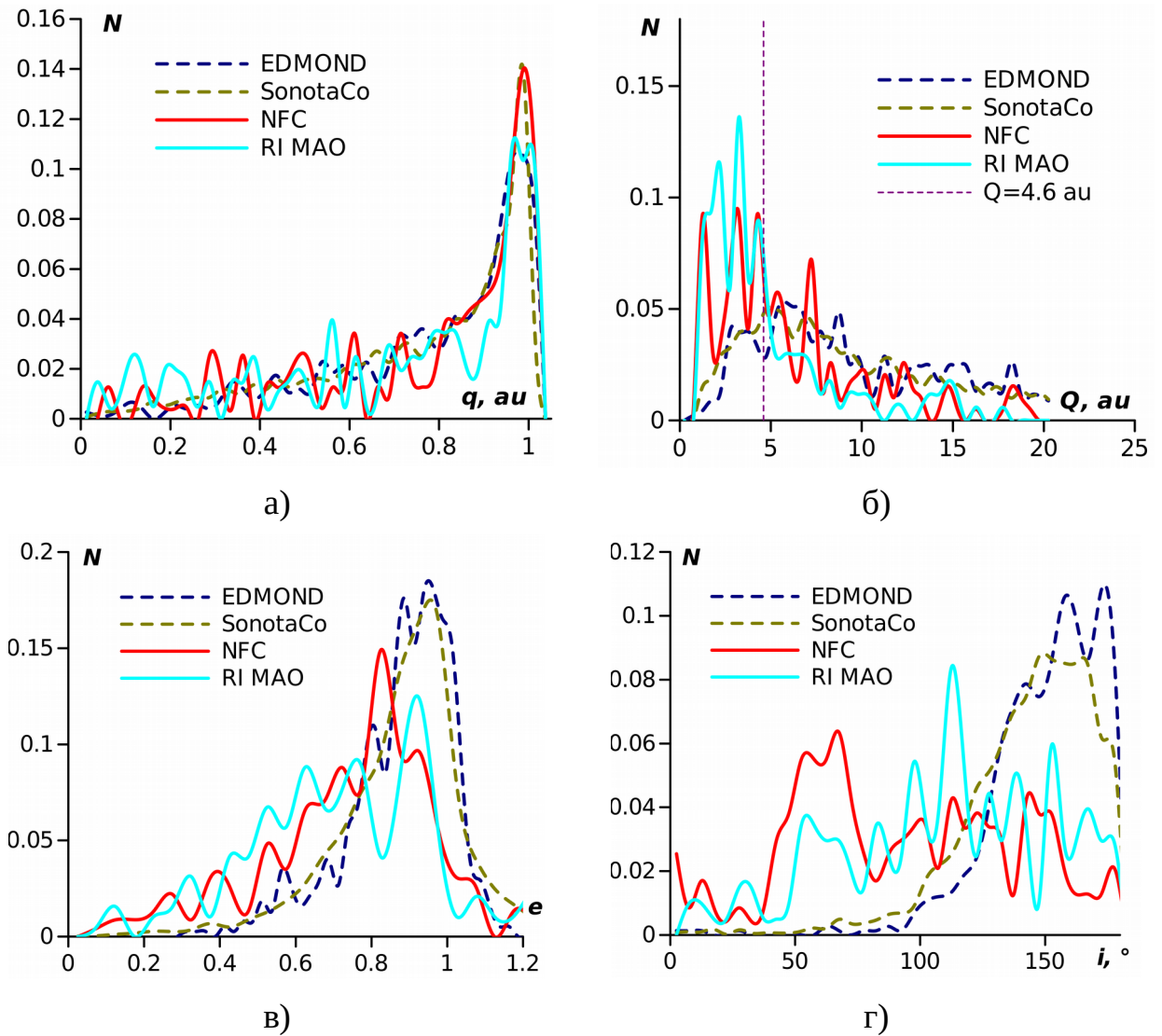


Рис. 4.21. Розподіли спорадичних метеорів за а) перигелійними відстанями; б) афелійними відстанями; в) ексцентриситетом; г) нахилом до екліптики для $m < 0.01$ г.

Таблиця 4.11.

Порівняння каталогів орбіт метеороїдів за даними різних телевізійних метеорних мереж.

Назва	SonotaCo	EDMOND	NFC	RI MAO
Країни учасники	Японія	Західна і Центральна Європа	Чехія, Словацьчина	Україна
Кількість камер (станцій)	>130 (30)	(155)	6 (6)	6 (2)
Тип камер	3.8–12 мм; f/0.8; 30°–90°	3–8 мм; f/0.8–f/1.4; 40°–90°	50 мм; f/1.0; 6.8°x5.4°	85-мм, 100- мм; f/1.8, f/2.0; 3.2°x4.2°, 2.7°x3.6°
Кількість орбіт за 2013-2016	89465	209702	1244	1055
Мінімальна маса метеороїда, г	$\sim 10^{-2}$	$\sim 10^{-2}$	$\sim 10^{-4}$	$\sim 10^{-4}$
Середня абсолютна зоряна величина	-0.8	-1.2	3.0	1.9
Гранична абсолютна зоряна величина	3.0	1.7	6.2	5.4
Кількість спорадичних метеороїдів	54673 (61.1%)	97810 (46.6%)	824 (65.5%)	737 (69.9%)
Кількість метеороїдів з $m < 0.01$ г	5130 (7%)	750 (1%)	236 (34%)	203 (30%)
Спорадичних з $Q < 4.6$ а.о.	21791 (24%)	40581 (19%)	557 (44%)	568 (54%)
Спорадичних з $Q < 4.6$ а.о. и $i < 75^\circ$	11770 (13%)	26529 (13%)	473 (38%)	349 (33%)
Спорадичних з $Q < 4.6$ а.о. и $m < 0.01$ г	1696 (1.9%)	210 (0.1%)	117 (9.3%)	138 (13.1%)
Спорадичних з $Q < 4.6$ а.о. и $i < 75^\circ$ и $m < 0.01$ г	34 (0.04%)	7 (0.003%)	53 (4.2%)	27 (2.5%)

З) маломасивні метеороїди в “ширококутних” даних зумовлені лише радіантами апексної групи, помітна частина таких же метеороїдів за даними спостережень малими полями зору мають радіанти близькі до групи протисонячного джерела (Antihelion source) (Рис. 19, а, в).

Загальне порівняння метеорних мереж за параметрами оптичних систем і деякими характеристиками спостережного матеріалу наведені в таблиці 2.

Порівнюючи різні бази даних, стає ясно, що метеороїди з каталогів «малого поля» мають більшу відносну кількість орбіт з малим ексцентриситетом ($e < 0.8$), що типово для NEA і короткоперіодичних комет. Q-критерій КА класифікації (кометний або астероїдний тип орбіти [56-59]) [97] (рис. 20, б; рис. 21, б) показує, що каталоги NFC і RI MAO містять близько 50% метеорних тіл з орбітами астероїдів, але якщо орбіти з $i > 75^\circ$ виключені, очевидно, що переважна більшість метеорних тіл (таблиця 2) має кометне походження. Як припустили Williams & Jorck [97], такий великий приплив псевдоастероїдних орбіт може бути викликаний ефектом Пойнтінга-Робертсона [44], що зменшує афелійні відстані орбіт кометного типу, особливо для тіл малої маси.

Висновки до розділу 4

В розділі 4 проаналізовані деякі особливості параметрів атмосферної траєкторії і елементів геліоцентричних орбіт метеороїдів, що склали каталог. Для ототожнених метеорних потоків обчислена спостережна величина D-критерію Саутворта-Хокінса. Проведене порівняння каталогу з іншими каталогами орбіт для спорадичних метеороїдів, окремо проведено порівняння для метеороїдів з масами < 0.01 г. Також проведена оцінка частки астероїдних орбіт для обраних каталогів з використанням Q-критерію.

ВИСНОВКИ

Метою дослідження було створення каталогу геліоцентричних орбіт метеороїдів за результатами регулярних ПЗЗ-спостережень.

З 2011 ведуться регулярні спостереження метеорів із застосуванням комбінованого методу. У 2013-2016 рр. працювали 6 метеорних телескопів, розташованих на двох станціях на відстані 11.7 км.

Найбільш важливі результати:

1. Створено каталог кінематичних параметрів атмосферних метеорних траєкторій та елементів геліоцентричних орбіт для 1055 метеороїдів за результатами телевізійних спостережень камерами з полем зору $<10^\circ$ на базисній відстані <15 км. Похибка визначення швидкостей складає 0.5 км/с, висот — 50-100 м. 30% каталогу складають метеороїди з фотометричними масами < 0.01 г.

2. Отримано масив даних, що містить більше 12000 однопунктних метеорних траєкторій. Створено каталог положень метеорних траєкторій та параметрів блиску. Середньо квадратична похибка апроксимації метеорної траєкторії великим колом — (10–15)".

3. Впроваджено в практику спостережень метеорів програмне забезпечення для автоматичного детектування метеорів, розроблене в НДІ "МАО", з використанням методу ПЗЗ-спостережень, що використовує накопичення зі зміщенням для отримання кадрів з опорними зорями.

4. Вперше виявлено маломасивні метеороїди (< 0.01 г), що рухаються з геоцентричними швидкостями <50 км/с, та мають орбіти з ексцентриситетами біля 0.9 та нахилами (50-70)°.

5. Вперше проведено порівняльний аналіз каталогу, отриманого в НДІ "МАО", з каталогами з відкритих джерел для діапазону мас метеорних тіл $<$

0.01 г та проведена оцінка співвідношення тіл астероїдного та кометного типів для даного діапазону мас. Частка орбіт астероїдного типу становить 38 % для всіх метеороїдів і 2.5% для метеороїдів з масами < 0.01 г.

ПЕРЕЛІК ЦИТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abe S. Meteoroids and meteors – observations and connection to parent bodies. / S. Abe // Small Bodies in Planetary Systems (Eds.: I. Mann, A.M. Nakamura, T. Mukai). 2009. – Springer. – P.129–166.
2. Albin T. A Monte-Carlo based extension of the Meteor Orbit and Trajectory Software (MOTS) for computations of orbital elements / T. Albin, D. Koschny, R. Soja, R. Srama, B. Poppe // Proceedings of the International Meteor Conference, Egmond, the Netherlands, 2–5 June 2016, Eds.: Roggemans, A., Roggemans, P. – 2016. – P. 20–25.
3. Babadsharov P. B. Orbits of Bright Meteors from Photographic Observations at Dushanbe and Odessa / P. B. Babadsharov, E. N. Kramer // Soviet Astronomy. – 1967. – V. 10. – P.1046.
4. Babadzhanov P. B. Astronomy in Tadzhikistan / P. B. Babadzhanov // IAU, Asian–Pacific Regional Meeting, 3rd, Kyoto, Japan, Sept. 30–Oct. 5, 1984 Astrophysics and Space Science. – 1986. – V. 118, No. 1–2. – P. 95–97.
5. Babadzhanov P. B. Densities and porosities of meteoroids / P. B. Babadzhanov, G. I. Kokhirova // Astronomy and Astrophysics. – 2009. – V. 495 (1). – P. 353–358.
6. Babadzhanov P. B. Fireballs photographed in Dushanbe by the method of instantaneous exposure / P. B. Babadzhanov // Asteroids, comets, meteors. Proceedings of the Meeting, Uppsala Universitet, June 20–22, 1983, Uppsala, Sweden. – 1983. – P. 439.
7. Babadzhanov P. B. Instantaneous Meteor Photography–Preliminary Results / P. B. Babadzhanov, E. N. Kramer // Soviet Astronomy. – 1965. – V. 9. – P.506.

8. Babadzhanov P. B. Meteor showers associated with 2003EH1 / P. B. Babadzhanov, I. P. Williams, G. I. Kokhirova // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. – 2008. – V. 386 (4). – P. 2271–2277.
9. Babadzhanov P. B. Orbit, chemical composition and atmospheric fragmentation of a meteoroid from instantaneous photographs / P. B. Babadzhanov, V. S. Getman // *Solid particles in the solar system. Proceedings of the Symposium, August 27–30, 1979, Ottawa, Canada*. – 1980. – P. 111–115.
10. Babadzhanov P. B. Photographic observations of fireballs in Tajikistan / P. B. Babadzhanov, G. I. Kokhirova, J. Borovička, P. Spurny // *Solar System Research*. – 2009. – V. 43 (4). – P. 353–363.
11. Babadzhanov P. B. Some features of Geminid meteoroid disintegration in the Earth's atmosphere / P. B. Babadzhanov, N. A. Konovalova // *Astronomy and Astrophysics*. – 2004. – V.428. – P.241–246.
12. Barentsen G. Concept and presentation of Unified Meteor Database / G. Barentsen // *Proceedings of the IMC, 15–18 September, 2005, Belgium, Oostmalle*. – 2005. – P. 34–36.
13. Bettonvil F. FIFIE – Fireball Filming Equipment: All sky imaging with video. / F. Bettonvil // *Proceedings of the International Meteor Conference, September 19–21, 2003, Bollmannsruh, Germany*. – 2003 – P.8–12.
14. Brown P. Development of an All-Sky Video Meteor Network in Southern Ontario, Canada The ASGARD System / P. Brown, R. J. Weryk, S. Kohut, W. N. Edwards, Z. Krzeminski // *WGN, Journal of the International Meteor Organization*. – 2010. V. 38, No. 1. 2010. P. 25–30.
15. Carillo–Sanchez J.D. On the size and velocity distribution of cosmic dust particles entering the atmosphere / J.D. Carillo–Sanchez, J.M.C. Plane, W. Feng, D. Nesvorný, D. Janches // *Geophys. Res. Lett.* – 2015. – V. 42. – P. 6518–6525.

16. Ceplecha Z. Fireballs photographed in central Europe / Z. Ceplecha // *Astronomical Institutes of Czechoslovakia, Bulletin*. – 1977. – V. 28, No. 6. P. 328–340.
17. Ceplecha Z. Geometric, dynamic, orbital and photometric data on meteoroids from photographic fireball networks / Z. Ceplecha // *Astronomical Institutes of Czechoslovakia, Bulletin*. – 1987. – V. 38. – P. 222–234.
18. Ceplecha Z. Programme of fireball photography in Czechoslovakia / Z. Ceplecha, J. Rajchl // *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*. – 1965. – V. 16. – P. 15.
19. Christou A. A. The Armagh Observatory meteor camera system / A. A. Christou, P. Atreya // *Proceedings of the International Meteor Conference, 14–17 September, 2006, Roden, The Netherlands*. – 2006 – P.141–145.
20. Colas F. CABERNET network cameras for high accuracy meteor orbits determination / F. Colas, J. Vaubaillon, S. Bouley, P. Atreya, R. Rudawska, T. Silbermann // *EPSC–DPS Joint Meeting 2011, held 2–7 October 2011 in Nantes, France*. – <http://meetings.copernicus.org/epsc-dps2011>. – P.1323.
21. Connors M. Meteor and Aurora Detection Using Modern Video Technologies / M. Connors, M. Syrjasuo, P. Brown, E. Donovan // *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*. – 2005. – V. 99, No. 1. – P.14–22.
22. Drolshagen E. Meteor velocity distribution from CILBO double station video camera data / E. Drolshagen, T. Ott, D. Koschny, G. Drolshagen, B. Poppe // *Proceedings of the IMC, Giron*. – 2014. – P. 16–22.
23. ECSS–E–ST–10–04C // *ESA Requirements and Standards Division*. – 2008.
24. Fujiwara Y. Simultaneous Observations of Meteors with the Radar and TV Systems / Y. Fujiwara, M. Ueda, T. Nakamura, M. Tsutsumi // *Earth, Moon, and Planets*. – 1995. – V. 68 (1–3). – P. 277–282.

25. Fujiwara Y. Television observations of meteors in Japan / Y. Fujiwara // Meteoroids and their parent bodies. Proceedings of the International Astronomical Symposium held at Smolenice, Slovakia, July 6–12, 1992, Bratislava, Astronomical Institute, Slovak Academy of Sciences. – 1993. – P.265.
26. Gural P. A new meteor detection processing approach for observations collected by the Croatian Meteor Network (CMN) / P. Gural, D. Šegon // WGN, Journal of the International Meteor Organization. – 2009. – V. 37 (1). – P. 28–32.
27. Gural P.S. An operational autonomous meteor detector: development issues and early results / P.S. Gural // WGN, Journal of the International Meteor Organization. – 1997. – V. 25 (3). – P. 136–140.
28. Gural P.S. Applying state-of-the-art video and computer technology to meteor astronomy / P.S. Gural // WGN, the journal of the IMO. – 1995. – V. 23 (6). – P.228–235.
29. Gural P.S. A Rigorous Expression for the Angular Velocity of a Meteor / P.S. Gural // WGN, the journal of the IMO. – 1999. – V. 27 (2) – P.111–114.
30. Gural P. S. Fully Correcting for the Spread in Meteor Radiant Positions Due to Gravitational Attraction / P. S. Gural // WGN, Journal of the International Meteor Organization. – 2001. – V. 29 (4). – P. 134–138.
31. Gural P. S. The California All-sky Meteor Surveillance (CAMS) System. / P. S. Gural // Proceedings of the International Meteor Conference, 16–19 September, 2010, Armagh, Northern Ireland. – 2010. – P. 28–31.
32. Hajdukova M. Perseid meteor stream 1991 1993 from TV observations in Kiev. / M. Hajdukova, V. G. Kruchinenko, A. M. Kazantsev, Ju. G. Taranucha, A. A. Rozhilo, S. S. Yeryomin, P. N. Kozak // Earth, Moon, and Planets. – 1995. – V. 68 (1–3). – P. 297–301.
33. Halliday I. The flux of meteorites on the earth's surface / I. Halliday, A. T. Blackwell, A. A. Griffin // Meteoritics. – 1989. – V. 24. – P. 173–178.

34. Halliday I. The Innisfree meteorite and the Canadian camera network / I. Halliday, A. T. Blackwell, A. A. Griffin // *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*. – 1972. – V. 72. P. 15–39.
35. Halliday I. The typical meteorite event, based on photographic records of 44 fireballs / I. Halliday, A. T. Blackwell, A. A. Griffin // *Meteoritics*. – 1989. – V. 24. P. 65–72.
36. Handbook for meteor observers (Eds.: J. Rendtel, R. Arlt) // International Meteor Organization, Potsdam. – 2017. – 138 p.
37. Jaksova I. Structure and sources of the sporadic meteor background from video observations / I. Jaksova, V. Porubcan, J. Klacka // *Publ. Astron. Soc. Japan*. – 2015.– V. 67 (5). P. 99(1–7).
38. Janches D. On the geocentric micrometeor velocity distribution / D. Janches, M.C. Nolan, D.D. Meisel, J.D. Mathews, Q.H. Zhou, D.E. Moser // *Journal Of Geophysical Research*. – 2003. – V.108, A6. – P. 1222(1–14).
39. Jenniskens P. CAMS: Cameras for Allsky Meteor Surveillance to establish minor meteor shower / P. Jenniskens, P. S. Gural, L. Dynneson, B. J. Grigsby, K. E. Newman, M. Borden, M. Koop, D. Holman // *Icarus*. – 2011. – V. 216 (1). – P. 40–61.
40. Jenniskens P. Meteor Showers Validated by Cameras for Allsky Meteor Surveillance (CAMS) / P. Jenniskens // *Asteroids, Comets, Meteors. Proceedings of the conference held May 16–20, 2012 in Niigata, Japan. 2012*. – LPI Contribution No. 1667. – id.6339.
41. Jopek T. J. Calculation of the mean orbit of a meteoroid stream / T. J. Jopek, R. Rudawska, H. Pretka–Ziomek // *Mon. Not. R. Astron. Soc*. – 2006. – V.371. – P. 1367–1372.

42. Jopek T. J. IAU Meteor Data Center—the shower database: A status report. / T. J. Jopek, Z. Kaňuchová // *Planetary and Space Science*. – 2017. – V. 143. P. 3–6.
43. Kenyon D.A. The All Sky Camera Fireball Detector / D.A. Kenyon, W.T. Watson // *The Society for Astronomical Sciences 24th Annual Symposium on Telescope Science*, held May 24–26, 2005. Published by Society for Astronomical Sciences. – 2005. – P.11.
44. Klačka J. The Poynting–Robertson effect and the relevance of radiation force to meteoroid streams / J. Klačka, I. P. Williams // *Proceedings of Asteroids, Comets, Meteors – ACM 2002. International Conference*, 29 July – 2 August 2002, Berlin, Germany. – 2002. – P. 141–144.
45. Kokhirova G. I. Observations of the 2009 Leonid activity by the Tajikistan fireball network. / G. I. Kokhirova, J. Borovička // *Astronomy & Astrophysics*. – 2011. – V. 533. – id.A115.
46. Koschny D. Meteor Orbit and Trajectory Software (MOTS) – determining the position of a meteor with respect to the Earth using data collected with the software MetRec / D. Koschny, J. Diaz del Rio // *WGN, the Journal of the IMO*. – 2002. – V. 30 (4). – P. 87–101.
47. Koschny D. Report from the ISSI team meeting “A Virtual Observatory for meteoroids” / D. Koschny, R. Arlt, G. Barentsen, P. Atreya, J. Flohrer, T. Jopek, A. Knöfel, P. Koten, H. Lüthen, J. McAuliffe, J. Oberst, J. Tóth, J. Vaubaillon, R. Weryk, M. Wisniewski // *WGN, the Journal of the IMO*. – 2009. – 37 (1). P. 21–27.
48. Koschny D. The IMO Video Meteor Database (VMDb) – A First Definition. / D. Koschny, J. Mc Auliffe // *Proceedings of the First Europlanet Workshop on Meteor Orbit Determination*, 11–13 September 2006, Roden, The Netherlands. – 2007. – P.

49. Koseki M. Amateur Meteor Studies in Japan / M. Koseki // Asteroids, comets, meteors III, Proceedings of a meeting (AMC 89) held at the Astronomical Observatory of the Uppsala University, June 12–16, 1989, Uppsala: Universitet. – 1990. – P.543.
50. Koseki M. Different definitions make a meteor shower distorted. The views from SonotaCo net and CAMS / M. Koseki // WGN, the Journal of the IMO. – 2018. – V. 46 (4). P. 119–135.
51. Koseki M. Photographic Meteor Observations in Japan / M. Koseki, T. Sekiguchi, K. Ohtsuka // Asteroids, comets, meteors III, Proceedings of a meeting (AMC 89) held at the Astronomical Observatory of the Uppsala University, June 12–16, 1989, Uppsala: Universitet. – 1990. – P.547.
52. Koten P. Automatic Video System for Continues Monitoring of the Meteor Activity / P. Koten, K. Fliegel, S. Vítek, P. Páta // Earth, Moon, and Planets. – 2011. – V. 108 (1). – P.69–76.
53. Koukal J. NFC – Narrow Field Camera / J. Koukal, J. Srba, S. Gorkova // Proceedings of the IMC, Mistelbach. – 2015. – P 1–4.
54. Kozak P. M. Some features of digital kinematic and photometrical processing of faint TV meteors / P. M. Kozak, A. A. Rozhilo, Y. G. Taranukha // Proceedings of the Meteoroids 2001 Conference, 6 – 10 August 2001, Kiruna, Sweden. Ed.: Barbara Warmbein. ESA SP–495, Noordwijk: ESA Publications Division. – 2001. – P. 337–342.
55. Kozak P. M. Trajectory Parameters and Orbital Elements of 98 September Meteors from Double Station TV Observations in 2001 and 2003 / P. M. Kozak, O. O. Rozhilo, Y. G. Taranukha // Asteroids, Comets, Meteors 2012, Proceedings of the conference held May 16–20, 2012 in Niigata, Japan. – 2012. – LPI Contribution No. 1667. – id.6451.

56. Kresák L'. Jacobian integral as a classificational and evolutionary parameter of interplanetary bodies / L'. Kresák // Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia. – 1972. – V.23. – P. 1–34.

57. Kresák L'. Relation of meteor orbits to the orbits of comets and asteroids / L'. Kresák // Smithsonian Contributions to Astrophysics. – 1967. – V. 11. – P. 9–34.

58. Kresák L'. The discrimination between cometary and asteroidal meteors. II. The orbits and physical characteristics of meteors / L'. Kresák // Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia. – 1969. – V.20. – P. 231–251.

59. Kresák L'. The discrimination between cometary and asteroidal meteors. I. The orbital criteria / L'. Kresák // Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia. – 1969. – V.20. – P. 177–188.

60. Kulichenko M. Double station observation of faint meteors in Nikolaev / M. Kulichenko, A. Shulga, Y. Sybiryakova // 41st COSPAR Scientific Assembly, abstracts from the meeting that was to be held 30 July – 7 August at the Istanbul Congress Center (ICC), Turkey, but was cancelled. – 2016. – Abstract B0.4–74–16.

61. Kulichenko M. Double station observation of faint meteors in Nikolaev / M. Kulichenko, O. Shulga, Y. Kozyryev, Y. Sybiryakova // Actual Questions of Ground-based Observational Astronomy. International Conference. Abstract Book. – Mykolaiv. – 2016. – P. 18.

62. Kulichenko M. Observation of telescopic meteors in Nikolaev. / M. Kulichenko, O. Shulga, Y. Kozyryev, Y. Sybiryakova // International meeting on variable stars research (KOLOS 2016), Slovakia, 01–03.12.2016. Book of abstracts. – 2016. – P.7.

63. Kulichenko M.O. Double station observation of meteors with low baseline in Mykolaiv / M.O. Kulichenko, O.V. Shulga // Abstract book of 17–th Odessa International Astronomical Gamow Conference–School, Ukraine, Odessa. – 2017. – P.39.

64. Kulichenko M.O. Double station observation of meteors with low baseline in Mykolaiv / M.O. Kulichenko, O.V. Shulga // Odessa Astronomical Publications. – 2017. – V. 30. – P. 230–231.

65. Kulichenko M.O. Radiants and orbital data distribution of meteors observed in Mykolaiv / M.O. Kulichenko, O.V. Shulga // Abstract book of 18–th Odessa International Astronomical Gamow Conference–School, Ukraine, Odessa. – 2018. – P.47.

66. Kulichenko N. Double station observation of meteors in Nikolaev / N. Kulichenko, O. Shulga, Y. Kozyryev, Y. Sybiryakova // WGN. – 2015. – V. 43, No. 3. – P. 81–84.

67. Kulichenko N. Video meteor observations at Nikolaev Astronomical Observatory–developed software and results / N. Kulichenko, O. Shulga, Y. Kozyryev, Y. Sybiryakova // Proceedings of the International Meteor Conference, Poznan, Poland, 22–25 August 2013. – 2014. – P. 50.

68. Lindblad B.A. IAU Meteor Database of photographic orbits – version 2003 / B.A. Lindblad, L. Neslušan, V. Porubčan, J. Svoreň. // Earth, Moon, and Planets. – 2003. – V. 93 (4). – P. 249–260. <https://doi.org/10.1007/s11038-004-1953-4>

69. McCrosky R. E. Lost City Meteorite – its Recovery and a Comparison with Other Fireballs / R. E. McCrosky, A. Posen, G. Schwartz, C.–Y. Shao // SAO Special Report #336. – 1971.

70. McCrosky R. E. Photographic Networks for Fireballs / R. E. McCrosky, Z. Ceplecha // SAO Special Report #288. – 1968.

71. Molau S. Guest Editorial – 10 Years of the IMO Video Meteor Network / S. Molau // WGN, the journal of the IMO. – 2009. – V. 37 (4) – P.97.
72. Molau S. On the average altitude of (video) meteors / S. Molau, SonotaCo // WGN, Journal of the International Meteor Organization. – 2008. – V. 36 (6). – P. 124–130.
73. Molau S. Six Months of Automated Video Meteor Observations – First Results / S. Molau // Proceedings of the International Meteor Conference, 23–26 September 1999, Frasso Sabino, Italy. – 1999. – P. 31–37.
74. Molau S. The AKM video meteor network. / S. Molau // Proceedings of the Meteoroids 2001 Conference, 6 – 10 August 2001, Kiruna, Sweden. – 2001, – P. 315–318.
75. Molau S. Video Observations of Meteors: History, Current Status and Future Prospects / S. Molau, M. Nitschke, M. de Lignie, R. L. Hawkes, J. Rendtel // WGN. – 1997. – V.25 (1). – P.15.
76. Neslušan L. A computer program for calculation of a theoretical meteor–stream radiant / L. Neslušan, J. Svoreň, V. Porubčan // Astron. Astrophys. – 1998. – V. 331. – P. 411–413.
77. Neslušan L. IAU MDC Photographic Meteor Orbits Database: Version 2013. / L. Neslušan, V. Porubčan, J. Svoreň // Earth, Moon, and Planets. – 2014. – V. 111 (3–4). – P. 105–114.
78. Oberst J. The "European Fireball Network": Current status and future prospects / J. Oberst, S. Molau, D. Heinlein, C. Gritzner, M. Schindler, P. Spurny, Z. Ceplecha, J. Rendtel, H. Betlem // Meteoritics & Planetary Science. – 1998. – V. 33, No. 1. – P. 49–56.
79. Ohsawa R. Luminosity Function of Faint Sporadic Meteors measured with a Wide–Field CMOS mosaic camera Tomo–e PM / R. Ohsawa, S. Sako, Y. Sarugaku, et al. // 2018. – preprint (arXiv:1809.08816).

80. Ohtsuka K. Photographic meteor observations in the Tokyo Meteor Network / K. Ohtsuka, H. Tomioka // WGN. – 1991. – V. 19 (1). – P. 14–16.
81. Olech A. Polish Fireball Network. / A. Olech, P. Zoladek, M. Wisniewski, M. Krasnowski, M. Kwinta, T. Fajfer, K. Fietkiewicz, D. Dorosz, L. Kowalski, J. Olejnik, K. Mularczyk, K. Zloczewski // Proceedings of the International Meteor Conference, 15–18 September, 2005, Oostmalle, Belgium. – 2005. – P.53–62.
82. Ott T. Meteoroid flux determination using image intensified video camera data from the CILBO double station / T. Ott, T. Drolshagen, D. Koschny, G. Drolshagen, B. Poppe // Proceedings of the IMC, Giron. – 2014. – P. 23–29.
83. Porubčan V. Slovakian part of the European fireball network / V. Porubčan, J. Svoreň, M. Husárik, Z. Kaňuchová // Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso. – 2009. – V. 39, No. 2. – P. 101–108.
84. Shigeno Y. Meteor shower catalog based on 3 770 triangulation analyses of double–station Image–Intensified video observations over Japan. / Y. Shigeno, M. Yamamoto // WGN. – 2012. – V. 40 (1). – P. 24–35.
85. Shulga A. Optical observations of meteors in RI Nikolaev Astronomical Observatory / A. Shulga, Y. Sybiryakova, N. Kulichenko, V. Vovk // IAU General Assembly. Meeting #29. – 2015. – id.#2256807.
86. Shulga O. The current state and prospects for meteors observations in RI NAO / O. Shulga, N. Kulichenko, V. Vovk, Y. Kozyryev, Y. Sybiryakova // Highlights of Astronomy. – 2015. – V.16. – P. 183–183.
87. Shulga O. The current state and prospects for meteors observations in RI NAO / O. Shulga, Y. Kozyryev, Y. Sybiryakova, N. Kulichenko, V. Vovk // Abstract Book of IAU XXVIII General Assembly. – Beijing. – 2012.– P. 885–886.

88. SonotaCo. A meteor shower catalog based on video observations in 2007–2008 / SonotaCo // WGN, Journal of the International Meteor Organization. – 2009. – V. 37 (2). – P. 55–62.
89. Steel D. Meteoroid Orbits / D. Steel // Space Science Reviews. – 1996. – V. 78 (3–4). P. 507–553.
90. Toth J. All-sky video observations of meteors over Central Europe from Modra. / J. Toth, L. Kornos, P. Spurny, S. Gajdos, D. Kalmancok, P. Zigo, J. Vilagi, P. Veres, M. Hajdukova Jr., P. Harvan // Asteroids, Comets, Meteors 2008 held July 14–18, 2008 in Baltimore, Maryland. – 2008. – LPI Contribution No. 1405. – Paper id. 8108.
91. Trigo-Rodríguez J. M. The 2006 Orionid outburst imaged by all-sky CCD cameras from Spain: meteoroid spatial fluxes and orbital elements / J. M. Trigo-Rodríguez, J. M. Madiedo, J. Llorca, P. S. Gural, P. Pujols, T. Tezel // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2007. – V. 380 (1). – P. 126–132.
92. Ueda M. Double-station observations of the TV meteors / M. Ueda, Y. Fujiwara // Meteoroids and their parent bodies. Proceedings of the International Astronomical Symposium held at Smolenice, Slovakia, July 6–12, 1992, Bratislava: Astronomical Institute, Slovak Academy of Sciences. – 1993. – P.281.
93. Ueda M. Results of double-station TV observations in 1998 and 1999. / M. Ueda, Y. Fujiwara, M. Sugimoto, M. Kinoshita // Proceedings of the Meteoroids 2001 Conference, 6 – 10 August 2001, Kiruna, Sweden. – 2001. – P. 325–330.
94. Ueda M. Television Meteor Radiant Mapping / M. Ueda, Y. Fujiwara // Earth, Moon, and Planets. – 1995. – V. 68 (1–3). – P. 585–603.

95. Vitek S. Long-Term Continuous Double Station Observation of Faint Meteor Showers / S. Vitek, P. Pata, P. Koten, K. Fliegel // *Sensors*. – 2016. – V. 16. – P. 1493 (1–10).
96. Weryk R. J. The Southern Ontario All-sky Meteor Camera Network / R. J. Weryk, P. G. Brown, A. Domokos, W. N. Edwards, Z. Krzeminski, S. H. Nudds, D. L. Welch // *Advances in Meteoroid and Meteor Science*. – 2008. – P. 241–246.
97. Williams I.P. The Origin of stream and sporadic meteors, comets or asteroids / I.P. Williams, T.J. Jopek // *Meteoroids 2013, Proceedings of the Astronomical Conference, held at A.M. University, Poznań, Poland, Aug. 26–30, 2013*. – 2013. – P.179–192.
98. Wiśniewski M. CCTV lenses for video meteor astronomy. / M. Wiśniewski, A. Olech, M. Krasnowski, K. Zloczewski, K. Mularczyk, P. Kedzierski, W. Jonderko // *WGN, Journal of the International Meteor Organization*. – 2005. – V. 33 (1). – P. 23–29.
99. Абалакин В.К. Геодезическая астрономия и астрометрия. Справочное пособие / В.К. Абалакин, И.И. Краснорылов, Ю.В. Плахов // М.: "Картгеоцентр"–"Геодезиздат". – 1996. – 436 с.
100. Абросимов В.М. Изучение объектов в ближнем космосе с помощью телескопа АЗТ–8, оснащенного ПЗС–камерой / В.М. Абросимов, А.Н. Ковальчук, С.В. Малевинский, и др. // *Космічна наука і технологія*. – 2004. – Т. 10, № 1. – С. 79–84.
101. Астапович И.С. Метеорные явления в атмосфере Земли / И.С. Астапович // М.: Физматгиз. – 1958. – 640 с.
102. Вовк В.С. Наблюдения АСЗ малых размеров и в условиях малой солнечной элонгации / В.С. Вовк, Н.А. Куличенко, Е.С. Козырев, Е.С.

Сибирякова, А.В. Шульга // Кінематика та фізика небесних тіл. – 2015. – Т.31, №3. – С.73–80.

103. Волощук Ю.И. Распределение метеорных тел вблизи орбиты Земли / Ю.И. Волощук, Б.Л. Кащеев // М.: Наука. – 1981. – 188 с.

104. Горбанев Ю.М. Методика и статистика телевизионных наблюдений телескопических метеоров / Ю.М. Горбанев, А.В. Голубаев, В.В. Жуков, Е.Ф. Князькова, И.И. Кимаковская, С.Р. Кимаковский, С.В. Подлесняк, Л.А. Сарест, И.А. Стогнеева, В.А. Шестопалов // Астрономический вестник. – 2006. Т. 40, № 5. – С.449–464.

105. Горбанев Ю.М. Методика позиционных измерений телевизионных изображений телескопических метеоров / Ю.М. Горбанев, А.В. Голубаев, В.В. Жуков, И.И. Кимаковская, С.Р. Кимаковский, Е.Ф. Князькова, С.В. Подлесняк, Л.А. Сарест, И.А. Стогнеева, В.А. Шестопалов // Астрономический вестник. – 2008. – Т. 42, № 1. С.37–53.

106. Горбанев Ю.М. Одесский телевизионный метеорный патруль / Ю.М. Горбанев // Odessa Astronomical Publications. – 2009/2010. – V. 22. – С.60–67.

107. Дубошин Г.Н. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Г.Н. Дубошин // М.: Наука. Глав. ред. физ.–мат. лит. – 1976. – 864 с.

108. Электронный ресурс // <http://cams.seti.org>.

109. Электронный ресурс // <http://meteor.uwo.ca/research/allsky/overview.html>.

110. Электронный ресурс // <https://www.meteornews.net>.

111. Электронный ресурс // <https://www.ta3.sk/IAUC22DB/MDC2007/>

112. Электронный ресурс // <http://www2.cnet.ne.jp/c-shimo/index-E.html>.

113. Електронний ресурс // <http://www.astromatic.net/software/scamp>
114. Електронний ресурс // <http://www.imonet.org>.
115. Електронний ресурс // <http://www.meteorobs.org/maillist/msg04448.html>.
116. Електронний ресурс // <http://www.rcktmom.com/njlworks/MeteorTrackingPpr.html>.
117. Електронний ресурс // <http://www.sonotaco.jp/doc/SNM/index.html>.
118. Кащеев Б.Л. Распределение элементов орбит мелких метеорных тел / Б.Л. Кащеев, А.А. Ткачук // Проблемы космической физики. – 1979. – Вып. 14. – С. 44–51.
119. Ковалевский Ж. Современная астрометрия / Ж. Ковалевский // Фрязино, "Век 2" – 2004. – 480 с.
120. Козак П.М. Застосування методу Монте–Карло для уточнення швидкості метеора з телевізійних спостережень / П.М. Козак // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2014. – 1(51). – С. 53–58.
121. Козак П.М. Застосування статистичних методів при обробці телевізійних спостережень метеорів. / П.М. Козак // Вісник Астрономічної школи. – 2017 – Т. 13 (1). – С. 22–27.
122. Козирев Є.С. Реєстрація метеорних явищ з використанням телевізійних камер (Meteor detect) / Є.С. Козирев // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 37593 від 25.03.2011.
123. Козирев Є.С. Спосіб спостереження низькоорбітальних супутників Землі і опорних зір / Є.С. Козирев // Патент на корисну модель №118001. Зареєстровано у державному реєстрі патентів України 10.07.2017.
124. Козырев Е.С. Исследование точности вычисления экваториальных координат при наблюдениях комбинированным методом / Е.С. Козырев, Е.С.

Сибирякова, А.В. Шульга // Всероссийская Астрономическая Конференция. – Нижний Архыз. – 2010. – С. 17.

125. Козырев Е.С. Применение комбинированного метода наблюдений для формирования каталога положений низкоорбитальных космических объектов / Е.С. Козырев // Дис. канд. физ.–мат. наук: Киев. – 2013. – 168 с.

126. Козырев Е.С. Применение комбинированного метода наблюдения для решения задачи астероидно–метеорной опасности / Е.С. Козырев, Н.А. Куличенко, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга // Статті і тези VI Міжнародної астрономічної конференції САММАС–2014 – Вінниця. – 2014. – С.71–72.

127. Крамер Е.Н. Метеорная материя в атмосфере Земли и околосолнечном космическом пространстве / Е.Н. Крамер, И.С. Шестака // М.: Наука. – 1983. – 184 с.

128. Кручиненко В.Г. Математико–фізичний аналіз метеорного явища / В.Г. Кручиненко // К.: Наукова думка. – 2012. – 296 с.

129. Кручиненко В.Г. Метеорно–астероїдна небезпека та доплив космічної речовини на Землю / В.Г. Кручиненко, Ю.І. Волощук, Б.Л. Кашцев та ін. // Космічна наука і технологія. – 1999. – Т.5. №1. – С. 3–17.

130. Куличенко Н.А. Базисные наблюдения метеоров в НИИ Николаевская астрономическая обсерватория / Н.А. Куличенко, А.В. Шульга, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова // Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених». Програма і тези доповідей. Київ — Житомир. – 2015. – С.49.

131. Куличенко Н.А. Базисные наблюдения телескопических метеоров в Николаеве / Н.А. Куличенко, А.В. Шульга, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова // Наука і інновація. – 2017. – 13(1). – С. 83–88.

132. Куличенко Н.А. Использование ТВ–камер для наблюдений метеоров / Н.А. Куличенко, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга // Космічна наука і технологія. – 2012. – Т. 18, № 6. – С. 67–72.

133. Куличенко Н.А. Результаты наблюдений метеоров в оптическом диапазоне / Н.А. Куличенко // XIV міжнародна науково–практична конференція «Людина і Космос»: тези доповідей, 2012, Дніпропетровськ. – 2012. – С.149.

134. Куличенко Н.А. Средства и методы наблюдений метеоров применяемые в Николаевской астрономической обсерватории / Н.А. Куличенко, В.С. Вовк, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга // Сборник тезисов международной конференции «Околосемная астрономия – 2013». – Краснодар. – 2013. – С.106–107.

135. Куличенко Н.А. Телевизионные наблюдения метеоров в НИИ НАО / Н.А. Куличенко, А.В. Шульга, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова // Вестник Астрономической школы. – 2013. – Т. 9 №№ 1–2. – С. 107–110.

136. Куличенко Н.А. Телевизионные наблюдения метеоров в НИИ НАО / Н.А. Куличенко, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга // Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених», Україна, Біла Церква, 15–17 травня 2013 р.: Програма і тези доповідей, Київ – Біла Церква. – 2013. – С. 37–38.

137. Куличенко М.О. Автоматичне виділення та аналіз траєкторій метеорів ("TraEx"). / М.О. Куличенко // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 75259 від 07.12.2017.

138. Сибирякова Е.С. Позиционные наблюдения комет комбинированным методом / Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга, В.С. Вовк, Н.А. Куличенко, Е.С. Козырев // Кинематика и физика небесных тел. – 2015. – Т.31, №6. – С. 47–54.

ДОДАТОК А. Каталог елементів геліоцентричних орбіт метеороїдів, що спостерігались НДІ “МАО” в 2013-2016 рр.

– номер рядка;

MJD – модифицирована юліанська дата на момент початку спостереження метеора;

Mag – абсолютна зоряна величина (приведена до відстані до метеора 100 км);

RA_{rad} – пряме схилення радіанта, виправлене за добову аберацію і зенітне тяжіння, °;

DE_{rad} – схилення радіанта, виправлене за добову аберацію і зенітне тяжіння, °;

V_g – геоцентрична швидкість метеороїда, км/с;

a – більша піввісь, а.о.;

q – перигелійна відстань, а.о.;

e – ексцентриситет;

i – нахил до площини екліптики, °;

om – аргумент перигелію, °;

Om – довгота висхідного вузла, °;

m_0 – фотометрична маса метеороїда, г.

#	MJD	Mag	RA_{rad}	DE_{rad}	V_g	a	q	e	i	om	Om	m_0
1	56631.7	2.0	72.42	30.33	17.01	1.45	0.63	0.57	4.43	270.27	253.53	0.49440
2	56631.8	3.1	93.39	17.02	38.93	6.36	0.17	0.97	14.11	131.94	73.61	0.00792
3	56632.0	-0.2	166.48	10.91	66.08	1.77	0.98	0.44	171.31	184.21	253.82	0.02362
4	56632.0	-1.3	186.26	-5.32	61.42	1.72	0.42	0.76	174.31	250.51	73.84	0.36264
5	56633.0	-1.1	171.46	20.16	62.59	1.43	0.98	0.31	151.59	187.32	254.82	0.06102
6	56633.0	0.8	150.22	37.01	60.37	3.58	0.57	0.84	129.53	265.95	254.87	0.00633
7	56633.1	1.8	78.79	17.73	22.57	1.89	0.52	0.73	4.17	97.21	74.94	0.19616
8	56634.0	0.8	155.02	32.68	61.59	2.68	0.64	0.76	137.11	259.42	255.85	0.00716

9	56634.0	2.0	320.42	79.73	24.30	4.44	0.94	0.79	35.94	205.63	255.87	0.11771
10	56635.0	1.1	101.14	59.37	85.95	-0.17	0.55	4.17	82.91	242.82	256.83	0.00111
11	56635.0	-0.9	99.22	7.44	38.46	3.49	0.20	0.94	33.05	129.29	76.86	0.22060
12	56635.0	2.4	109.22	33.73	32.47	1.16	0.15	0.87	23.61	325.27	256.89	0.01651
13	56636.9	1.3	111.06	30.36	30.95	1.07	0.15	0.86	16.31	326.85	258.80	0.06550
14	56668.0	-1.4	137.43	-6.08	43.56	3.24	0.19	0.94	60.10	131.78	110.45	0.27414
15	56669.1	2.6	240.48	45.40	35.98	1.72	0.96	0.44	65.02	155.05	291.63	0.01047
16	56736.8	2.8	184.40	15.64	22.10	2.40	0.63	0.74	11.26	262.00	359.91	0.07222
17	56737.0	2.5	202.64	-12.39	37.06	1.79	0.12	0.94	7.12	146.04	180.12	0.01699
18	56740.7	0.6	204.82	12.97	35.17	5.61	0.38	0.93	30.64	286.97	3.80	0.28946
19	56740.8	2.3	246.67	68.27	22.39	2.97	0.99	0.67	35.17	190.02	3.85	0.12316
20	56741.9	1.8	283.30	47.21	35.17	2.67	0.97	0.64	60.85	160.39	4.93	0.05263
21	56749.8	2.1	234.26	30.92	33.78	2.25	0.67	0.70	52.72	258.72	12.81	0.02829
22	56750.1	0.7	303.08	-2.78	59.71	1.90	0.55	0.71	143.58	85.77	13.04	0.01695
23	56768.8	4.1	223.54	25.33	7.65	1.06	0.87	0.18	9.39	263.39	31.40	1.38488
24	56768.8	2.8	227.03	-23.44	35.25	2.37	0.20	0.92	10.95	132.99	211.45	0.03731
25	56772.8	3.6	187.62	5.53	9.15	1.65	0.93	0.44	2.16	220.92	35.27	1.03249
26	56772.9	-0.6	285.07	4.76	58.60	2.26	0.77	0.66	126.33	246.48	35.41	0.07363
27	56782.9	3.0	283.30	28.86	31.50	0.94	0.66	0.30	64.18	299.99	45.14	0.01410
28	56806.9	-1.7	305.35	-7.97	54.69	1.55	0.23	0.85	146.20	313.21	68.25	0.30903
29	56813.9	4.3	49.15	83.16	16.57	1.58	0.91	0.42	25.67	131.86	74.90	0.05842
30	56814.0	3.8	134.99	61.59	10.45	1.88	0.97	0.48	11.52	150.24	75.00	0.70262
31	56816.0	4.0	260.10	-10.16	24.51	2.39	0.53	0.78	11.06	274.77	76.94	0.02068
32	56817.0	2.8	301.34	-0.59	25.84	0.71	0.14	0.81	35.62	339.44	77.87	0.04563
33	56818.0	1.1	345.80	3.90	62.61	1.50	1.02	0.32	162.88	181.61	78.85	0.00968
34	56819.0	4.2	230.85	-24.84	9.90	1.61	0.91	0.44	1.79	49.71	259.79	0.98633
35	56823.9	2.4	275.06	-50.92	28.59	2.83	0.52	0.82	27.60	94.74	264.49	0.28288
36	56823.9	3.7	87.80	69.83	19.20	1.95	0.82	0.58	24.64	118.21	84.52	0.07667
37	56826.9	-0.6	331.80	12.45	58.10	1.78	0.69	0.61	134.20	261.20	87.36	0.06525
38	56827	2.4	257.53	-19.01	17.22	2.05	0.73	0.64	2.10	253.76	87.46	0.55672
39	56840.0	3.7	117.63	72.82	24.05	3.32	0.83	0.75	31.77	124.61	99.87	0.02790
40	56851.9	2.7	326.52	42.16	47.53	7.20	0.86	0.88	84.23	228.44	111.17	0.00319
41	56860.8	2.6	265.86	-3.18	9.95	1.85	0.94	0.49	5.67	219.37	119.71	2.03151
42	56863.8	0.3	6.43	37.60	49.08	1.00	0.74	0.26	114.61	288.50	122.56	0.06712
43	56864.0	-1.2	337.76	-12.33	39.59	1.64	0.04	0.97	13.11	160.31	302.73	0.40546
44	56864.8	2.9	264.65	-25.33	8.97	1.86	0.95	0.49	0.51	36.13	303.49	3.30320
45	56864.8	-0.6	10.80	56.42	51.04	2.58	1.01	0.61	98.93	169.25	123.53	0.07902

46	56864.8	-1.1	320.21	5.49	35.43	2.79	0.28	0.90	34.71	302.50	123.54	0.54790
47	56864.9	2.5	253.16	7.79	10.25	2.43	0.99	0.60	8.03	202.96	123.58	1.95171
48	56864.9	2.8	60.91	63.02	27.69	0.83	0.39	0.54	54.09	38.82	123.64	0.03716
49	56865.0	-4.5	26.59	15.50	50.62	0.69	0.36	0.48	169.95	350.45	123.74	2.12424
50	56865.9	2.3	290.00	24.58	21.62	3.02	0.83	0.73	26.43	236.02	124.54	0.09984
51	56866.0	2.3	339.13	-17.61	35.92	1.45	0.10	0.93	23.33	150.33	304.69	0.02694
52	56866.8	1.0	321.41	42.78	39.68	4.65	0.78	0.83	65.99	241.24	125.42	0.03548
53	56866.9	2.7	337.95	4.98	28.66	0.87	0.13	0.85	26.82	333.51	125.55	0.02909
54	56866.9	-0.3	16.93	37.73	61.33	3.06	1.00	0.67	130.51	196.87	125.57	0.01968
55	56867.0	0.8	32.41	54.38	54.80	2.81	0.90	0.68	109.45	136.74	125.67	0.00909
56	56867.8	4.5	339.70	-14.97	40.93	2.44	0.06	0.97	24.17	154.20	306.40	0.00938
57	56868.0	0.7	4.61	22.25	55.28	1.37	0.46	0.66	136.98	291.41	126.55	0.01196
58	56868.0	2.1	10.99	18.90	58.62	1.45	0.56	0.61	151.80	279.90	126.62	0.00223
59	56868.9	2.5	339.45	-18.90	40.61	3.29	0.10	0.97	30.27	145.45	307.45	0.01776
60	56868.9	3.5	322.33	-5.87	29.75	1.99	0.31	0.85	11.52	301.66	127.48	0.01330
61	56869.0	2.8	342.11	-0.63	41.97	1.64	0.03	0.98	43.37	344.25	127.51	0.00583
62	56869.0	2.9	317.42	-12.57	21.78	1.50	0.47	0.69	3.01	288.50	127.52	0.09326
63	56869.0	2.3	317.07	-15.00	21.74	1.55	0.48	0.69	1.14	286.51	127.52	0.17588
64	56869	2.2	336.79	16.69	39.41	1.46	0.20	0.86	65.56	317.19	127.54	0.01054
65	56871.9	-2.2	337.46	-22.06	23.32	1.10	0.32	0.71	12.54	130.19	310.31	13.49320
66	56871.9	3.1	297.77	3.97	17.14	2.05	0.76	0.63	12.54	248.92	130.32	0.13535
67	56872.0	-1.5	340.15	-13.27	37.05	1.94	0.11	0.95	12.71	147.44	310.42	0.68842
68	56872.0	-0.7	32.94	-16.31	58.47	2.32	0.81	0.65	126.91	60.05	310.42	0.09561
69	56874.9	3.3	305.29	-8.10	15.55	1.71	0.73	0.57	5.44	256.33	133.21	0.21214
70	56875.0	1.4	344.26	-14.76	35.63	1.68	0.12	0.93	18.78	145.74	313.26	0.05425
71	56875.0	4.1	310.10	58.84	30.79	2.56	0.96	0.63	52.39	211.44	133.26	0.00426
72	56875.0	1.3	59.63	33.80	60.00	1.78	0.56	0.68	151.76	84.32	133.26	0.00749
73	56875.1	0.9	48.90	22.88	54.39	0.83	0.50	0.39	169.71	37.35	133.33	0.01124
74	56875.8	3.1	256.86	-1.74	8.93	2.28	0.99	0.56	5.03	200.21	134.07	2.03590
75	56876.0	0.8	42.92	54.20	55.34	2.29	0.90	0.61	113.63	135.39	134.19	0.01162
76	56876.0	0.7	41.27	53.87	56.10	2.54	0.93	0.63	114.51	141.14	134.25	0.00974
77	56876.0	1.5	40.47	54.59	60.00	17.74	0.95	0.95	116.13	150.98	134.25	0.00370
78	56877.0	1.4	337.56	42.03	36.10	1.45	0.60	0.58	65.93	275.43	135.15	0.02710
79	56877.0	2.7	306.07	59.62	27.72	2.11	0.96	0.54	47.58	210.62	135.18	0.02527
80	56877.0	-1.3	30.80	30.93	58.22	1.19	0.91	0.23	146.34	241.64	135.21	0.05734
81	56877.0	2.9	315.89	49.97	37.71	85.37	0.87	0.99	59.02	223.75	135.24	0.00647
82	56877.9	1.1	283.92	9.27	13.11	2.30	0.92	0.60	11.24	222.16	136.03	2.45562

83	56881.8	-0.3	53.03	50.28	53.58	1.33	0.80	0.40	120.08	105.48	139.78	0.09927
84	56881.9	2.2	303.57	-6.98	18.41	3.50	0.77	0.78	6.67	242.76	139.88	0.28193
85	56881.9	0.8	46.70	56.99	57.66	4.63	0.95	0.79	113.39	149.79	139.93	0.01017
86	56882.9	2.3	11.52	40.69	55.14	2.47	0.72	0.71	114.50	252.51	140.82	0.00320
87	56883.8	3.6	287.02	52.93	22.73	3.05	0.98	0.68	35.45	204.01	141.76	0.02330
88	56883.9	2.7	328.73	51.64	27.12	1.29	0.77	0.40	48.77	260.41	141.80	0.02494
89	56884.0	1.5	70.07	54.36	57.10	3.83	0.72	0.81	116.01	110.43	141.87	0.00629
90	56884	2.1	354.15	65.37	43.28	2.88	0.98	0.66	78.73	202.23	141.91	0.00716
91	56884	-0.5	335.27	-22.91	23.36	1.82	0.49	0.73	10.12	102.75	321.91	2.30454
92	56884.8	-0.7	54.44	56.53	56.27	2.70	0.91	0.66	114.15	138.28	142.71	0.07333
93	56884.9	2.0	349.14	57.79	33.91	1.18	0.79	0.33	66.44	262.89	142.79	0.02069
94	56884.9	0.5	50.12	49.79	58.52	2.18	0.96	0.56	124.94	148.10	142.81	0.01308
95	56885.0	-1.5	54.00	57.40	57.11	3.66	0.92	0.75	113.62	142.67	142.85	0.07925
96	56885.0	4.1	248.61	54.24	15.10	2.11	1.01	0.52	23.43	177.01	142.88	0.12983
97	56885.0	4.1	329.31	-12.61	20.07	1.59	0.54	0.66	0.09	99.50	322.93	0.04794
98	56885.0	0.8	354.11	2.28	17.77	0.79	0.28	0.65	3.95	327.69	142.91	1.04938
99	56885.1	1.8	347.86	1.75	37.32	1.97	0.11	0.95	18.03	327.05	142.92	0.02370
100	56885.1	3.5	338.05	55.63	18.49	0.89	0.64	0.28	35.78	314.12	142.92	0.06192
101	56885.8	1.9	216.16	35.20	10.29	2.00	1.00	0.50	11.90	161.65	143.61	3.02260
102	56885.8	1.6	276.89	57.80	16.02	1.61	1.00	0.38	27.23	195.49	143.67	0.56185
103	56888.0	4.3	347.20	9.89	27.78	1.10	0.23	0.80	21.28	319.02	145.74	0.00652
104	56888	2.3	19.18	32.24	74.54	-0.87	0.76	1.87	139.33	232.34	145.75	0.00069
105	56892.0	1.7	357.58	-19.63	32.28	1.97	0.28	0.86	26.62	125.04	329.62	0.07485
106	56913.1	3.1	66.99	53.06	69.57	-2.00	0.99	1.49	129.85	193.41	170.00	0.00043
107	56914.0	2.6	54.74	41.92	41.43	0.67	0.19	0.72	114.11	340.39	170.92	0.00546
108	56914.0	2.2	168.95	54.96	38.39	4.64	0.62	0.87	58.23	100.48	170.96	0.02441
109	56914.9	1.0	0.78	-10.45	22.19	1.84	0.52	0.72	7.81	98.68	351.75	0.52968
110	56914.9	1.1	47.50	36.51	57.76	2.04	0.45	0.78	137.41	285.26	171.78	0.00755
111	56915.8	3.8	304.15	20.60	14.35	3.56	0.94	0.74	13.82	211.60	172.70	0.13493
112	56915.9	2.8	349.13	-3.39	19.13	2.10	0.65	0.69	0.73	262.70	172.77	0.13957
113	56916.0	2.7	41.10	74.40	49.59	10.35	0.97	0.91	87.83	200.87	172.83	0.00249
114	56916.1	0.9	90.15	-12.02	56.67	2.26	0.98	0.57	116.20	336.83	352.93	0.01838
115	56916.8	3.7	251.14	52.42	17.53	2.62	1.00	0.62	26.44	169.80	173.68	0.07668
116	56916.9	2.3	275.39	68.48	24.77	2.69	1.00	0.63	40.79	184.75	173.75	0.06969
117	56917.0	3.2	79.25	84.89	38.97	1.90	1.00	0.47	72.04	175.61	173.87	0.00477
118	56917.8	3.4	19.39	40.14	27.58	0.87	0.26	0.70	43.37	322.88	174.59	0.01810
119	56917.9	-0.5	17.01	56.18	46.31	5.29	0.65	0.88	80.80	255.93	174.70	0.06184
120	56918.0	-0.9	71.08	-21.70	50.77	2.49	0.86	0.65	98.27	50.68	354.80	0.32201

121	56918.1	0.3	43.00	33.59	53.99	1.84	0.25	0.87	130.89	308.72	174.87	0.01480
122	56918.1	-4.4	60.06	16.33	62.79	2.74	0.49	0.82	170.66	97.28	354.88	0.70494
123	56919.0	0.9	1.78	45.18	39.33	6.40	0.53	0.92	58.02	269.78	175.80	0.03250
124	56919.8	2.4	68.59	78.29	46.66	3.23	1.00	0.69	85.18	188.59	176.60	0.00531
125	56920.0	1.0	3.52	0.83	22.92	1.77	0.48	0.73	0.54	104.17	356.72	0.34055
126	56920.0	1.8	15.79	37.83	44.71	6.41	0.30	0.95	69.32	295.57	176.77	0.00834
127	56920.0	4.1	137.31	28.63	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	284.62	178.68	NaN
128	56920.0	4.3	151.72	34.98	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	284.60	178.67	NaN
129	56920.1	1.6	67.70	-10.60	53.44	1.82	0.66	0.64	113.02	83.30	356.86	0.00861
130	56920.8	2.9	62.76	55.53	61.46	70.60	0.89	0.99	119.69	220.29	177.59	0.00131
131	56920.9	3.1	306.90	27.91	16.33	4.79	0.94	0.80	17.48	210.93	177.61	0.15624
132	56920.9	0.6	66.38	29.11	65.40	3.66	0.68	0.81	165.30	253.53	177.69	0.00707
133	56921.0	2.9	88.84	51.20	61.68	2.77	1.00	0.64	130.90	176.50	177.73	0.00099
134	56921.0	3.0	76.96	71.81	50.84	3.08	1.00	0.68	95.76	190.16	177.76	0.00168
135	56921.1	-1.0	86.47	36.50	59.84	1.16	1.00	0.14	154.64	197.69	177.80	0.03693
136	56921.1	-0.4	310.38	23.26	11.97	2.17	0.94	0.57	12.30	214.20	177.81	34.06988
137	56921.7	3.8	88.61	86.92	18.14	0.85	0.70	0.18	36.96	357.19	178.46	0.06057
138	56921.8	4.5	351.02	45.19	25.24	1.67	0.64	0.61	35.41	266.63	178.56	0.00638
139	56921.9	4.0	255.69	-5.89	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	282.07	178.18	NaN
140	56922.0	0.4	94.40	33.79	69.15	6.74	0.98	0.85	161.83	163.32	178.76	0.00613
141	56922.1	-3.0	66.65	40.74	74.32	-1.33	0.85	1.64	147.46	220.91	178.77	0.08465
142	56925.9	2.1	91.64	51.17	63.05	3.95	1.00	0.75	131.62	186.36	182.57	0.00225
143	56926.0	0.7	110.84	1.60	61.54	2.54	0.70	0.73	139.19	285.98	2.60	0.08074
144	56926.9	-0.2	22.68	2.97	24.20	1.21	0.32	0.73	6.61	127.18	3.51	0.81896
145	56927.8	2.1	23.18	5.38	27.54	1.40	0.27	0.80	5.30	129.24	4.40	0.08538
146	56927.8	2.4	24.99	6.70	26.82	1.24	0.26	0.79	4.57	133.18	4.43	0.06120
147	56928.0	2.7	290.71	48.54	15.00	2.21	0.99	0.55	22.37	196.07	184.57	0.43231
148	56928.0	1.5	24.36	29.85	45.13	17.54	0.16	0.99	57.91	313.58	184.58	0.01048
149	56928.0	2.6	24.72	4.93	33.60	2.17	0.20	0.91	9.09	132.66	4.65	0.01714
150	56928.1	3.9	227.70	72.06	29.74	2.64	0.98	0.63	49.82	159.37	184.65	0.01073
151	56928.1	1.8	27.65	10.82	34.74	1.72	0.13	0.92	1.19	143.59	4.68	0.03162
152	56928.1	2.1	282.21	79.65	29.83	2.24	1.00	0.55	51.62	189.50	184.68	0.04722
153	56928.1	1.8	31.64	37.66	39.25	1.38	0.18	0.87	64.27	319.80	184.68	0.01548
154	56928.1	-1.5	70.31	56.18	61.08	43.06	0.85	0.98	118.97	225.39	184.70	0.04795
155	56928.8	3.1	92.75	72.08	49.68	2.45	0.99	0.59	94.61	191.66	185.37	0.00279
156	56928.8	3.4	13.06	14.46	16.05	1.09	0.52	0.52	4.95	293.64	185.38	0.14596
157	56928.8	4.1	338.24	-9.00	12.62	2.50	0.88	0.65	0.04	226.14	185.08	0.22328
158	56928.8	3.9	175.77	78.46	39.91	2.98	0.97	0.67	70.03	157.94	185.42	0.00304
159	56929.0	2.3	92.96	47.36	60.14	1.68	0.98	0.41	135.83	200.81	185.55	0.00195

160	56929.0	0.8	115.80	45.74	60.26	1.99	0.83	0.58	134.02	122.85	185.59	0.00877
161	56929.0	0.4	81.92	42.29	66.30	7.16	0.88	0.88	145.62	221.64	185.62	0.00633
162	56929.0	1.6	81.45	43.69	66.26	9.73	0.89	0.91	143.21	220.90	185.62	0.00196
163	56929.1	1.2	67.80	35.02	62.31	3.25	0.53	0.84	151.36	272.33	185.63	0.00368
164	56929.7	-0.5	83.56	53.32	55.41	1.45	0.86	0.41	122.18	239.10	186.27	0.10343
165	56929.9	3.8	249.28	51.47	19.69	3.25	0.99	0.70	29.08	164.42	186.49	0.07521
166	56930.0	1.1	88.71	47.33	59.17	1.56	0.92	0.41	134.92	224.54	186.54	0.00619
167	56930.0	2.4	78.85	58.55	57.88	3.52	0.90	0.75	115.67	221.11	186.58	0.00164
168	56930.1	3.1	48.11	-4.63	27.16	0.85	0.20	0.77	34.98	148.27	6.64	0.02836
169	56930.1	-0.1	120.25	30.68	62.59	1.98	0.62	0.69	159.16	93.53	186.65	0.01539
170	56930.7	4.0	22.46	50.65	42.62	4.75	0.47	0.90	68.10	276.67	187.28	0.00188
171	56931.1	0.0	101.75	23.96	58.11	0.92	0.80	0.13	178.03	41.00	187.65	0.01692
172	56931.8	3.7	295.21	59.16	20.67	2.82	0.98	0.65	32.03	198.04	188.29	0.03028
173	56931.9	3.3	24.71	5.01	27.20	1.55	0.31	0.80	5.99	123.43	8.46	0.01914
174	56934.0	3.1	26.34	15.92	29.37	1.52	0.25	0.84	6.89	310.69	190.50	0.01518
175	56934.9	2.2	136.30	63.95	27.17	0.70	0.38	0.46	59.81	14.14	191.42	0.06595
176	56935.0	0.4	102.31	27.51	66.17	2.04	1.00	0.51	171.76	185.20	191.47	0.00934
177	56935.0	2.2	80.74	42.28	59.51	1.78	0.64	0.64	140.39	265.58	191.47	0.00187
178	56935	1.1	28.77	6.01	25.69	1.35	0.32	0.77	6.25	125.26	11.48	0.18055
179	56935.0	2.3	125.03	33.85	43.41	0.63	0.14	0.78	134.68	15.24	191.49	0.00964
180	56935.1	1.3	101.51	62.43	24.10	0.63	0.25	0.60	53.78	355.86	191.54	0.15316
181	56935.1	-0.3	105.32	-29.87	56.26	-3.55	0.99	1.28	95.39	347.03	11.56	0.12665
182	56936.0	-0.9	177.69	70.99	38.84	2.08	0.92	0.56	69.79	141.54	192.42	0.29663
183	56936.0	3.1	69.10	16.86	45.53	0.83	0.05	0.94	154.31	163.69	12.47	0.00263
184	56936.0	1.0	334.15	18.22	12.54	2.24	0.90	0.60	9.13	223.56	192.50	5.85152
185	56936.1	2.6	95.28	66.32	55.34	4.50	0.96	0.79	105.10	204.02	192.51	0.00166
186	56936.1	5.1	22.83	5.49	25.77	1.85	0.40	0.78	3.88	111.76	12.52	0.00551
187	56936.1	3.7	220.29	9.34	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	93.13	19.69	NaN
188	56936.1	2.8	97.89	3.29	62.85	2.01	0.97	0.51	143.71	22.48	12.58	0.00115
189	56936.1	2.5	95.64	15.92	62.17	1.35	0.88	0.35	165.67	58.20	12.58	0.00133
190	56937.1	2.8	26.33	6.28	26.14	1.67	0.36	0.78	4.70	116.95	13.55	0.05056
191	56939.7	0.7	33.84	38.83	37.39	1.99	0.24	0.88	48.64	308.47	196.12	0.09384
192	56939.7	1.8	209.11	22.76	24.50	3.25	0.69	0.79	23.27	107.12	196.12	0.28073
193	56939.7	1.3	20.24	-8.89	22.17	2.50	0.61	0.76	11.54	84.99	16.15	0.84606
194	56940.7	-1.6	204.60	27.65	20.46	1.49	0.67	0.55	22.72	93.59	197.13	15.73787
195	56941.0	1.9	86.74	-5.26	59.61	3.92	0.73	0.81	123.59	66.41	17.39	0.00480
196	56941.8	0.9	110.19	74.72	48.58	3.10	0.97	0.69	89.61	200.33	198.18	0.02080
197	56941.8	1.4	98.52	67.66	50.42	2.08	0.91	0.56	98.38	220.22	198.23	0.01099
198	56942	2.7	108.80	59.25	52.10	1.37	0.94	0.31	110.71	219.32	198.39	0.00230

199	56942.1	4.1	130.72	65.36	39.61	0.90	0.79	0.12	86.05	24.33	198.44	0.00191
200	56942.1	3.2	173.25	81.07	39.75	2.57	1.00	0.61	70.81	179.31	198.46	0.00478
201	56942.1	2.2	35.43	5.94	29.21	1.77	0.29	0.83	10.33	123.51	18.50	0.06038
202	56951.0	1.7	81.94	46.15	57.86	5.10	0.42	0.92	122.96	282.16	207.35	0.00302
203	56951.0	3.3	218.20	72.96	28.58	1.53	0.99	0.36	51.65	163.86	207.36	0.02037
204	56951.1	1.1	94.73	13.14	61.01	1.94	0.49	0.75	156.97	100.85	27.39	0.00516
205	56952.0	3.2	43.61	11.04	25.45	1.39	0.34	0.76	5.94	122.31	28.34	0.02679
206	56955.7	1.7	34.11	-19.76	17.13	1.93	0.76	0.60	15.58	67.25	32.00	4.22426
207	56955.9	3.6	40.75	34.30	30.34	2.01	0.33	0.83	23.03	297.33	212.14	0.00754
208	56955.9	1.4	54.06	25.83	42.14	5.41	0.09	0.98	21.44	326.52	212.17	0.01689
209	56955.9	2.3	42.84	20.60	29.39	2.07	0.31	0.85	5.14	299.41	212.23	0.02969
210	56956.0	2.1	97.63	48.97	60.12	5.96	0.60	0.90	125.28	260.97	212.28	0.00196
211	56956.0	0.7	108.04	11.32	65.39	2.74	0.78	0.72	158.86	61.77	32.30	0.00664
212	56956.0	0.2	105.93	41.37	59.31	1.70	0.60	0.65	140.45	270.75	212.31	0.01226
213	56956.7	3.5	112.83	75.09	31.01	0.93	0.66	0.29	62.82	300.25	212.96	0.01240
214	56956.7	3.8	35.69	-2.82	21.09	2.17	0.61	0.72	10.95	85.29	33.02	0.08377
215	56956.8	4.1	21.25	37.05	34.35	-3.07	0.56	1.18	27.09	259.17	213.12	0.00274
216	56956.8	3.1	85.48	50.17	50.63	1.85	0.35	0.81	105.73	297.09	213.13	0.00207
217	56957.0	0.7	108.02	41.45	66.48	83.11	0.75	0.99	143.86	240.15	213.25	0.00550
218	56957.0	-0.6	109.20	38.50	59.87	1.56	0.62	0.60	146.23	270.04	213.25	0.02859
219	56957.0	-0.9	114.82	13.23	63.86	1.63	0.86	0.47	164.46	54.73	33.27	0.04045
220	56957.0	1.8	20.00	56.95	26.87	2.38	0.67	0.72	35.48	257.15	213.30	0.06700
221	56957.0	0.9	118.65	17.23	63.61	1.43	0.91	0.37	173.25	46.92	33.33	0.00583
222	56957.0	0.8	118.42	19.14	66.54	2.15	0.93	0.57	176.87	35.29	33.33	0.00498
223	56957.0	2.0	56.13	24.40	36.87	1.91	0.11	0.94	11.80	325.68	213.34	0.01598
224	56957.1	2.1	121.18	50.28	57.97	1.80	0.87	0.51	124.80	229.93	213.36	0.00221
225	56957.7	1.4	46.09	10.44	25.66	1.65	0.38	0.77	6.93	114.84	34.01	0.35338
226	56957.7	3.5	35.92	28.93	22.49	1.56	0.48	0.69	11.49	285.02	214.02	0.04084
227	56957.8	3.2	33.61	8.16	19.79	1.86	0.60	0.68	3.32	89.34	34.06	0.09008
228	56957.9	1.9	98.79	19.03	66.92	-51.51	0.52	1.01	170.85	87.62	34.14	0.00424
229	56957.9	2.6	289.62	15.90	8.51	2.12	0.99	0.53	8.09	176.83	214.21	9.25174
230	56957.9	2.3	291.63	19.30	9.44	2.38	0.99	0.58	9.43	178.40	214.21	7.25359
231	56957.9	3.2	0.67	45.42	19.84	3.00	0.81	0.73	21.33	235.93	214.23	0.06083
232	56958.9	2.4	46.79	5.70	26.40	1.94	0.41	0.79	11.71	109.46	35.16	0.04977
233	56958.9	0.6	46.58	28.74	31.02	2.06	0.29	0.86	15.45	302.62	215.17	0.11260
234	56959.1	3.0	95.19	15.14	56.07	1.50	0.23	0.85	155.94	132.22	35.35	0.00120
235	56959.8	2.1	47.50	12.77	25.99	1.69	0.37	0.78	5.07	115.04	36.10	0.08212
236	56959.9	-0.3	102.00	15.37	61.23	2.08	0.44	0.79	162.25	105.66	36.17	0.03700
237	56959.9	1.1	134.04	40.03	61.15	1.61	0.99	0.39	139.71	190.01	216.23	0.00807

238	56960.0	3.1	349.84	26.14	6.74	1.40	0.94	0.33	5.40	218.30	216.24	5.85787
239	56960.0	3.2	135.74	60.34	54.65	2.67	0.96	0.64	106.48	204.28	216.25	0.00130
240	56960.0	0.8	114.35	41.06	60.13	1.74	0.68	0.61	140.80	260.55	216.27	0.00717
241	56960	-0.6	96.86	38.42	60.99	5.08	0.39	0.92	142.38	285.09	216.28	0.02137
242	56960.1	1.8	152.97	14.72	61.37	1.71	0.45	0.74	172.24	73.23	216.34	0.00449
243	56960.1	2.4	101.20	17.43	57.94	1.42	0.32	0.77	165.61	123.17	36.38	0.00174
244	56960.8	0.6	100.35	29.68	58.57	1.74	0.31	0.82	162.60	302.20	217.10	0.02496
245	56960.9	1.4	118.16	36.24	51.74	0.80	0.38	0.52	144.03	322.38	217.15	0.01576
246	56960.9	1.9	53.31	15.09	26.00	1.35	0.31	0.77	4.64	125.37	37.15	0.08208
247	56961.0	-0.6	120.72	8.49	62.72	1.46	0.91	0.37	157.75	45.44	37.24	0.04489
248	56961.1	2.9	152.01	74.31	45.67	3.16	0.97	0.69	82.15	200.42	217.35	0.00326
249	56961.1	0.6	147.08	35.11	61.98	1.83	0.89	0.51	141.35	134.24	217.37	0.00738
250	56961.1	0.6	147.20	35.04	63.58	2.38	0.90	0.62	142.15	140.06	217.37	0.00682
251	56962.0	3.5	54.02	13.01	32.55	2.50	0.26	0.90	9.53	124.27	38.24	0.00698
252	56962.1	0.2	103.10	15.98	63.19	3.40	0.45	0.87	164.06	99.83	38.37	0.00998
253	56963.1	3.6	219.51	66.46	25.91	1.30	0.96	0.26	47.59	149.51	219.40	0.02005
254	56963.8	0.5	122.16	29.26	64.97	2.11	0.81	0.62	162.95	239.57	220.13	0.02402
255	56963.8	3.6	46.42	39.47	37.86	-34.81	0.34	1.01	33.27	287.66	220.13	0.00297
256	56964.1	1.9	122.58	0.47	49.67	0.73	0.43	0.41	135.73	161.50	40.35	0.00735
257	56964.1	4.9	152.30	80.22	44.55	8.68	0.94	0.89	75.71	206.12	220.36	0.00055
258	56964.8	4.2	47.49	21.85	25.67	1.88	0.41	0.78	3.97	289.73	221.11	0.01009
259	56964.9	2.4	26.19	9.29	14.88	2.00	0.77	0.61	0.64	65.52	41.18	0.43352
260	56965.0	-0.4	127.17	38.41	54.34	0.93	0.59	0.37	139.47	301.17	221.27	0.03695
261	56965.0	2.3	51.04	23.65	28.17	1.93	0.34	0.82	5.79	297.12	221.29	0.03482
262	56970.6	3.3	9.01	4.58	10.89	2.40	0.91	0.62	0.19	216.98	226.96	0.96296
263	56975.7	2.3	56.79	23.21	26.14	2.24	0.43	0.81	3.13	284.98	232.02	0.10366
264	56975.7	4.2	303.52	23.80	6.90	1.65	0.99	0.40	7.53	177.66	232.05	1.73417
265	56976.0	1.9	223.87	43.80	36.54	3.95	0.79	0.80	57.86	123.78	232.37	0.05985
266	56976.7	2.3	67.56	23.00	29.32	1.76	0.29	0.84	1.54	304.05	233.00	0.13033
267	56976.8	-0.2	54.09	23.07	23.92	2.21	0.50	0.77	3.05	277.39	233.11	0.83411
268	56976.9	-0.5	124.63	20.80	66.54	4.92	0.60	0.88	177.64	260.80	233.19	0.05029
269	56983.1	-1.8	154.60	30.39	76.37	-1.50	0.98	1.65	150.08	190.75	239.49	0.02882
270	56983.7	0.8	133.29	60.60	51.27	4.75	0.67	0.86	93.48	251.76	240.06	0.03413
271	56983.7	-0.2	137.11	51.22	50.57	1.49	0.55	0.63	105.43	277.99	240.12	0.12329
272	56983.9	1.0	158.88	58.61	50.67	2.35	0.88	0.62	96.45	223.43	240.31	0.01726
273	56984	2.3	121.09	-47.64	54.65	-1.23	0.99	1.80	81.65	3.79	60.40	0.01792
274	56985.7	4.8	268.50	42.75	7.52	1.18	0.97	0.18	12.34	150.68	242.17	0.92943
275	57015.8	0.2	122.85	13.50	37.07	1.48	0.09	0.94	18.53	150.49	92.73	0.12880

276	57016.0	-0.7	172.31	16.90	64.00	2.15	0.69	0.68	154.96	254.61	272.92	0.02477
277	57016.1	-0.8	209.91	13.85	53.45	1.09	0.52	0.52	125.30	68.41	272.95	0.09128
278	57016.1	-0.3	203.11	10.47	56.74	1.08	0.61	0.43	140.18	75.53	272.99	0.03227
279	57035	1.6	192.18	33.31	54.72	2.68	0.68	0.75	107.52	254.24	292.25	0.00522
280	57035.8	4.8	132.31	41.44	13.46	1.06	0.64	0.40	10.49	283.72	293.11	0.06508
281	57035.9	3.3	211.78	35.43	52.17	2.33	0.95	0.59	99.74	205.92	293.16	0.00363
282	57036.0	4.6	87.23	-10.16	14.78	2.63	0.88	0.66	12.86	41.97	113.28	0.13710
283	57036.1	0.6	231.34	17.78	58.81	5.49	0.81	0.85	113.77	127.44	293.36	0.01255
284	57039.8	3.4	89.12	7.65	11.20	1.94	0.89	0.54	4.93	43.04	117.11	0.56872
285	57057.7	1.4	39.06	10.18	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	145.99	325.34	NaN
286	57070.0	3.0	272.41	43.70	24.67	1.20	0.89	0.26	45.34	122.26	327.74	0.06680
287	57070.0	4.0	146.74	21.01	19.26	2.16	0.68	0.69	4.29	256.87	327.82	0.03819
288	57070.8	3.8	143.46	32.37	17.43	2.46	0.77	0.69	8.48	242.36	328.62	0.06020
289	57071.0	2.2	198.61	11.10	63.84	-1.46	0.26	1.18	122.31	291.06	328.75	0.00180
290	57071.0	2.5	234.26	33.18	42.57	1.43	0.87	0.39	82.05	234.05	328.76	0.00783
291	57071.1	1.1	270.62	-6.87	48.70	0.99	0.17	0.83	124.56	34.36	328.93	0.02428
292	57071.9	4.6	214.62	51.12	17.91	1.02	0.77	0.25	31.32	277.04	329.68	0.03353
293	57073.8	4.4	247.08	75.53	20.45	2.62	0.98	0.63	31.80	192.02	331.67	0.02377
294	57075.1	-0.9	234.14	-0.79	70.03	-12.68	0.91	1.07	148.41	211.92	332.93	0.02408
295	57076.8	2.6	149.09	24.60	13.89	1.66	0.79	0.52	4.73	245.51	334.66	0.45626
296	57088.9	3.9	183.90	20.80	21.46	1.44	0.54	0.62	15.51	280.29	346.80	0.02408
297	57091.1	1.2	276.03	39.22	23.34	0.94	0.79	0.16	46.10	61.33	348.95	0.21963
298	57106.0	1.4	261.93	12.57	57.00	2.64	0.90	0.66	114.41	220.32	3.83	0.00643
299	57106.8	3.4	139.47	-19.73	12.85	2.47	0.93	0.62	11.14	33.21	184.65	0.53093
300	57106.9	2.1	189.51	-7.73	24.40	1.80	0.47	0.74	3.03	104.47	184.74	0.10903
301	57107.0	4.4	186.79	42.44	15.54	2.09	0.88	0.58	16.76	226.81	4.76	0.04934
302	57107.0	-1.0	204.88	-18.26	38.42	2.21	0.12	0.94	19.64	143.37	184.81	0.44745
303	57107.8	3.2	184.46	25.12	14.25	1.67	0.82	0.51	10.35	242.69	5.61	0.24654
304	57107.9	3.8	153.23	38.13	8.79	1.85	0.97	0.48	6.02	205.73	5.70	0.86284
305	57109.0	4.5	57.87	18.06	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	0.00	84.34	NaN
306	57120.8	1.9	203.01	-11.09	27.28	2.42	0.43	0.82	1.41	104.84	198.46	0.11092
307	57121.8	2.8	201.37	48.34	18.50	3.52	0.93	0.74	22.55	214.66	19.37	0.12436
308	57122.1	1.1	313.68	12.21	53.05	2.01	0.48	0.76	112.64	78.05	19.66	0.01564
309	57123.8	2.3	258.40	23.54	48.99	7.72	0.75	0.90	85.69	241.70	21.39	0.01179
310	57124.0	3.2	302.37	17.05	57.83	5.24	0.85	0.84	113.34	132.08	21.52	0.00270
311	57125.8	2.4	218.19	-17.19	31.49	1.77	0.24	0.86	3.27	129.27	203.37	0.06023
312	57127.1	2.5	297.47	24.81	51.24	2.42	0.94	0.61	99.23	147.86	24.56	0.00299
313	57128.8	3.0	205.55	30.20	26.77	-5.66	0.81	1.14	24.68	230.39	26.27	0.02339

314	57132.0	2.6	330.95	44.75	35.51	2.81	0.71	0.75	57.49	108.01	29.37	0.02166
315	57134.8	1.3	205.80	7.79	15.13	1.76	0.79	0.55	7.86	247.10	32.14	1.31319
316	57135.0	4.5	230.95	-13.53	32.80	1.80	0.21	0.88	8.59	312.82	32.35	0.00485
317	57135.9	2.9	284.15	34.65	34.70	1.13	0.96	0.15	69.09	229.40	33.24	0.01171
318	57137.9	1.8	307.38	38.05	37.30	1.28	0.87	0.32	72.96	116.70	35.11	0.06022
319	57137.9	1.9	274.90	-5.07	51.75	1.18	0.28	0.76	128.58	311.99	35.15	0.01799
320	57138.8	1.9	303.20	63.21	27.31	2.47	0.97	0.61	45.70	155.30	36.03	0.10256
321	57138.9	2.6	248.89	53.42	21.52	1.91	0.97	0.49	35.40	207.84	36.09	0.07852
322	57139.0	-0.5	265.67	14.82	54.98	-4.55	0.62	1.14	94.64	253.73	36.21	0.03689
323	57143.0	4.3	229.85	26.72	21.38	2.17	0.78	0.64	25.87	244.42	40.09	0.01626
324	57143.0	1.2	283.27	5.81	22.99	0.61	0.16	0.73	44.29	348.59	40.15	0.26497
325	57148.0	3.8	333.66	18.05	56.17	2.71	0.55	0.80	120.20	88.68	44.93	0.00171
326	57151.0	4.2	229.99	3.79	27.50	7.61	0.60	0.92	18.42	260.88	47.82	0.00826
327	57154.9	2.6	233.78	-7.01	13.06	1.19	0.70	0.41	5.29	273.45	51.62	0.75862
328	57154.9	1.4	304.93	44.62	41.65	2.73	1.00	0.63	75.34	169.89	51.63	0.02321
329	57154.9	2.8	235.54	-3.06	18.03	1.44	0.63	0.56	9.89	272.85	51.64	0.16369
330	57154.9	2.5	157.10	71.00	12.68	2.77	1.00	0.64	15.91	168.58	51.66	0.78898
331	57157.9	0.4	253.25	-14.33	33.24	2.01	0.23	0.89	14.16	310.53	54.48	0.25262
332	57158.9	3.8	231.57	59.07	12.88	1.66	1.00	0.39	20.49	193.14	55.48	0.18347
333	57159.0	0.1	222.88	14.94	16.11	2.53	0.86	0.66	13.16	230.91	55.58	2.87773
334	57162.0	0.8	242.62	-17.59	25.46	2.23	0.47	0.79	3.21	282.08	58.47	0.44929
335	57162.0	3.3	49.63	32.33	22.63	2.10	0.55	0.74	10.59	86.21	58.49	0.38410
336	57162.0	3.0	287.24	37.27	18.66	0.87	0.66	0.24	37.01	324.03	58.50	0.08935
337	57162.0	2.2	274.44	3.78	48.59	14.01	0.29	0.98	80.41	295.65	58.50	0.00527
338	57162.8	2.9	233.01	35.62	20.98	5.39	0.92	0.83	25.83	217.03	59.27	0.06084
339	57162.9	4.4	267.64	38.24	17.81	1.11	0.83	0.25	31.44	263.18	59.33	0.03289
340	57163.9	3.7	217.94	21.77	10.89	1.83	0.95	0.48	10.20	216.33	60.34	0.41431
341	57164.0	3.0	23.80	78.70	22.46	3.18	0.91	0.71	32.13	138.36	60.44	0.05261
342	57164.9	1.7	269.98	-17.91	37.72	1.63	0.08	0.95	17.66	331.97	61.30	0.04242
343	57165.9	3.3	231.19	58.18	18.02	3.25	1.00	0.69	26.32	191.26	62.22	0.07203
344	57166.0	2.9	245.93	-21.48	26.81	2.66	0.46	0.83	0.12	282.20	62.36	0.05284
345	57166.9	0.6	299.60	16.59	53.60	3.12	0.71	0.77	105.78	251.31	63.15	0.03182
346	57166.9	2.9	234.04	-14.21	9.93	1.24	0.82	0.34	1.60	255.97	63.20	1.80953
347	57167.9	2.9	229.19	-10.71	17.10	2.50	0.78	0.69	3.65	244.32	64.19	0.23139
348	57176.8	3.2	197.32	53.21	6.22	1.40	1.01	0.28	8.63	179.05	72.73	6.06325
349	57178.8	4.5	174.89	69.36	12.89	2.32	1.00	0.57	17.27	162.70	74.61	0.10160
350	57179	3.1	258.25	-19.79	13.40	1.15	0.65	0.43	1.51	280.45	74.79	0.62126
351	57179.9	4.5	248.65	-24.39	19.70	2.18	0.66	0.70	1.51	81.36	255.65	0.04315

352	57179.9	4.4	266.32	51.54	13.32	1.21	0.98	0.19	23.91	217.67	75.68	0.08893
353	57180.0	1.9	264.39	-24.87	25.78	1.86	0.42	0.78	1.57	110.51	255.71	0.17894
354	57180.0	2.5	270.29	49.58	31.33	18.22	0.97	0.95	47.99	204.78	75.73	0.01694
355	57180.0	1.1	317.48	-9.03	51.41	1.00	0.18	0.82	158.00	325.92	75.77	0.01662
356	57180.9	2.9	263.54	-22.41	23.23	1.66	0.47	0.72	0.79	286.62	76.64	0.09371
357	57182	2.7	257.93	-12.78	21.16	1.94	0.59	0.69	7.28	270.71	77.66	0.14241
358	57182.8	2.8	255.61	-23.39	20.01	1.92	0.62	0.68	0.41	88.04	258.44	0.25808
359	57182.9	3.3	252.56	-27.69	21.11	2.43	0.64	0.74	3.55	83.11	258.49	0.11558
360	57183	0.0	318.43	30.66	54.44	6.11	0.95	0.85	102.60	211.62	78.62	0.02031
361	57184	0.0	328.90	10.65	61.79	2.67	0.84	0.69	138.77	235.57	79.57	0.01613
362	57184.0	3.5	267.57	-14.39	20.20	1.36	0.51	0.63	6.80	286.89	79.59	0.08425
363	57184.9	2.2	275.60	19.68	31.97	3.28	0.63	0.81	43.98	260.94	80.42	0.02359
364	57184.9	1.8	275.19	22.67	32.68	4.31	0.68	0.84	45.74	254.03	80.42	0.03210
365	57184.9	2.2	266.05	-23.02	25.23	2.15	0.47	0.78	0.34	283.46	80.43	0.13776
366	57184.9	-2.4	349.40	12.08	59.36	1.25	0.95	0.24	150.58	132.14	80.46	0.51186
367	57185.9	3.2	23.17	36.85	46.72	1.88	0.25	0.87	92.83	50.97	81.43	0.00646
368	57186.0	3.0	289.47	-10.28	37.67	1.78	0.12	0.93	32.88	325.54	81.46	0.00953
369	57186.0	0.6	346.34	32.40	55.60	2.09	0.93	0.55	116.07	140.95	81.47	0.01455
370	57186.0	2.0	3.98	15.09	63.06	2.64	0.69	0.74	155.38	104.12	81.48	0.00432
371	57186.0	2.5	3.57	16.45	68.34	-9.25	0.78	1.08	154.40	123.30	81.48	0.00186
372	57186.9	2.4	312.79	56.30	33.76	1.78	1.02	0.43	62.11	177.56	82.34	0.01656
373	57186.9	3.9	287.78	67.28	18.62	1.34	1.01	0.24	34.17	170.91	82.35	0.04065
374	57186.9	2.5	222.11	16.91	9.16	1.93	0.99	0.49	7.73	204.46	82.35	2.86027
375	57187.0	-8.3	306.24	7.19	43.83	1.26	0.23	0.82	90.33	315.95	82.42	132.10276
376	57187.0	2.1	235.68	-19.97	6.90	1.32	0.93	0.29	0.06	50.39	262.34	21.12897
377	57187.0	0.5	356.70	31.85	59.30	4.17	0.81	0.81	122.77	123.52	82.43	0.01335
378	57187.8	5.4	122.78	40.91	11.73	2.23	0.92	0.59	6.60	139.12	83.23	0.12540
379	57187.8	3.7	267.03	2.91	18.31	1.44	0.65	0.55	15.97	270.49	83.24	0.07056
380	57187.9	3.3	271.41	-22.66	22.31	1.54	0.47	0.69	0.66	287.83	83.33	0.07668
381	57188.0	1.5	292.28	16.05	40.08	2.68	0.46	0.83	64.56	281.71	83.41	0.01842
382	57189.8	3.5	281.88	-25.60	21.69	1.16	0.39	0.67	2.39	123.21	265.15	0.13344
383	57192.9	2.7	279.52	-20.21	25.96	1.76	0.39	0.78	3.11	293.79	88.12	0.06990
384	57195.8	3.7	285.98	-4.15	31.61	2.36	0.34	0.86	25.31	296.24	90.87	0.01203
385	57195.8	3.0	332.49	45.35	38.47	1.09	1.01	0.08	79.94	203.37	90.89	0.00765
386	57196.0	3.6	309.62	-49.65	39.81	3.70	0.35	0.90	56.09	111.99	271.01	0.02416
387	57196.9	1.8	261.71	8.74	18.04	2.31	0.80	0.65	16.41	242.17	91.89	0.34912
388	57196.9	0.4	339.38	16.58	57.39	1.51	0.78	0.48	133.77	253.83	91.92	0.02111

389	57196.9	-1.7	339.23	17.07	62.00	3.31	0.86	0.74	135.71	230.08	91.92	0.10358
390	57196.9	3.2	276.22	39.80	8.26	1.04	0.91	0.12	14.37	266.10	91.94	1.77647
391	57196.9	5.1	268.95	12.77	9.47	1.15	0.84	0.27	10.66	259.49	91.94	0.20425
392	57197.8	3.3	326.55	34.85	48.08	1.86	0.88	0.52	95.31	231.66	92.80	0.00260
393	57197.9	4.3	212.15	54.59	14.20	3.17	1.02	0.68	18.84	176.26	92.87	0.08993
394	57198.8	4.7	260.75	-49.04	17.87	2.22	0.77	0.65	13.58	66.62	273.74	0.62058
395	57198.9	1.6	344.54	28.44	50.53	1.06	0.91	0.14	116.49	259.23	93.76	0.01714
396	57203.0	1.5	64.09	37.91	42.98	4.42	0.14	0.97	52.07	41.03	97.73	0.03688
397	57203.0	-0.9	24.20	5.71	63.95	2.38	0.71	0.70	171.89	284.99	277.73	0.06430
398	57203.0	-1.8	24.20	6.08	59.03	1.26	0.56	0.56	171.94	255.13	277.73	0.19795
399	57204.0	0.8	15.63	20.81	62.64	2.05	0.79	0.61	154.74	114.98	98.64	0.01108
400	57211.9	3.9	334.76	27.28	27.37	0.68	0.23	0.66	58.90	340.39	106.24	0.00977
401	57212.0	2.6	333.80	27.62	31.84	0.74	0.28	0.63	70.47	333.39	106.30	0.01566
402	57212.9	2.8	250.56	11.38	6.38	1.38	0.98	0.29	6.10	212.60	107.16	8.90698
403	57212.9	2.1	337.75	41.35	45.30	1.48	0.88	0.41	91.41	237.80	107.17	0.00664
404	57213.9	1.7	287.44	8.05	22.95	2.23	0.65	0.71	22.02	262.54	108.12	0.14738
405	57219.9	0.7	32.29	27.27	61.23	1.76	0.72	0.59	153.20	103.02	113.85	0.01790
406	57219.9	3.2	306.27	-25.80	20.04	1.36	0.50	0.63	4.81	108.31	293.87	0.13978
407	57220.0	3.2	32.47	49.82	53.68	2.42	0.70	0.71	109.85	105.01	113.88	0.00159
408	57220.0	2.5	293.81	-13.09	22.43	2.41	0.58	0.76	6.36	269.30	113.89	0.12252
409	57220.0	2.9	293.59	-15.00	22.67	2.57	0.58	0.77	5.00	268.62	113.89	0.09179
410	57221.8	2.9	290.35	20.97	24.65	3.12	0.75	0.76	29.78	247.45	115.64	0.03986
411	57221.8	-1.5	20.38	50.77	55.63	3.44	0.91	0.73	110.13	139.83	115.65	0.18642
412	57221.8	2.1	9.82	65.04	39.35	1.41	0.90	0.36	77.00	124.85	115.67	0.01522
413	57221.8	2.1	284.10	54.53	24.57	2.57	0.98	0.62	40.21	203.77	115.67	0.06618
414	57222.0	4.6	19.39	60.12	8.73	0.78	0.54	0.31	15.03	10.36	115.81	0.46650
415	57222.0	1.3	311.98	-11.74	32.96	2.94	0.27	0.91	9.33	303.31	115.81	0.07787
416	57222.0	2.6	287.75	-24.14	10.71	1.34	0.81	0.40	0.58	74.02	295.82	2.77899
417	57222.0	0.3	27.49	8.77	66.26	2.38	1.01	0.58	175.73	346.71	295.85	0.01191
418	57222.9	0.2	357.39	14.28	60.24	2.22	0.54	0.76	148.92	275.52	116.66	0.03054
419	57222.9	0.2	356.90	15.58	61.18	2.80	0.58	0.79	146.72	268.84	116.66	0.02562
420	57222.9	4.5	186.24	68.41	16.39	1.97	0.95	0.52	23.86	144.53	116.67	0.05047
421	57222.9	1.7	28.67	68.66	37.80	1.43	0.78	0.46	72.21	104.33	116.68	0.02558
422	57222.9	-0.3	349.35	46.51	48.89	1.98	0.95	0.52	96.52	215.56	116.73	0.04038
423	57222.9	-0.9	26.99	18.96	63.00	1.56	0.97	0.38	166.31	146.31	116.73	0.06221
424	57223.0	2.8	40.95	40.19	60.66	4.64	0.64	0.86	132.03	102.07	116.75	0.00162
425	57223.0	1.1	25.80	31.58	68.00	-45.34	0.96	1.02	146.38	153.77	116.82	0.00340
426	57224.8	2.0	37.66	49.31	54.61	2.33	0.70	0.70	113.63	104.52	118.52	0.01106

427	57224.9	2.9	263.51	-5.99	11.69	2.40	0.93	0.61	5.55	218.46	118.57	0.91365
428	57224.9	1.4	332.77	38.03	46.59	3.19	0.72	0.77	85.53	250.69	118.60	0.01034
429	57224.9	1.8	357.84	60.25	40.69	1.38	1.01	0.27	80.96	164.20	118.61	0.01429
430	57224.9	1.7	298.99	-35.54	19.79	2.22	0.67	0.70	9.12	80.27	298.63	1.01509
431	57225.0	-2.3	36.45	31.06	62.25	2.22	0.77	0.65	149.29	112.38	118.65	0.18461
432	57225	0.8	9.25	51.09	53.87	2.83	1.01	0.64	105.96	169.07	118.70	0.01005
433	57225.0	-1.1	4.87	28.34	60.02	2.10	0.87	0.59	134.90	232.92	118.72	0.03995
434	57225.8	0.7	347.27	46.19	45.09	1.49	0.88	0.41	90.81	238.15	119.46	0.03505
435	57225.8	2.5	31.76	50.17	46.77	1.06	0.63	0.41	104.72	71.75	119.49	0.00856
436	57225.9	2.8	300.42	-12.03	22.41	2.28	0.57	0.75	6.33	271.31	119.52	0.09079
437	57226.0	3.2	297.23	-10.85	21.17	2.33	0.62	0.73	6.98	265.28	119.60	0.07300
438	57226.0	2.1	301.25	-13.11	21.36	1.99	0.57	0.71	5.19	272.62	119.61	0.20369
439	57226.0	3.6	252.17	48.73	14.88	2.26	1.01	0.55	22.37	189.85	119.66	0.17390
440	57226.0	3.2	261.25	21.39	15.47	4.04	0.96	0.76	16.51	209.03	119.67	0.29241
441	57226.0	0.9	13.26	33.72	51.84	0.95	0.83	0.13	127.60	307.98	119.68	0.01093
442	57226.9	2.5	19.69	54.37	55.49	4.94	0.96	0.80	106.66	152.30	120.51	0.00254
443	57227.0	-0.3	299.92	-12.57	19.61	1.87	0.62	0.67	5.16	268.39	120.58	2.75966
444	57227.9	2.5	20.50	52.84	49.43	1.44	0.93	0.35	103.56	133.03	121.42	0.00529
445	57227.9	3.0	337.63	-21.95	41.75	2.77	0.09	0.97	43.04	148.43	301.45	0.01574
446	57228.0	0.5	33.99	31.65	65.90	5.03	0.92	0.82	149.42	141.40	121.51	0.01071
447	57228.0	2.9	292.58	19.55	23.54	3.25	0.76	0.77	26.94	245.52	121.53	0.04293
448	57228.0	4.2	292.78	86.90	30.50	2.77	0.95	0.66	50.94	146.44	121.55	0.00492
449	57228.0	0.5	35.33	27.86	53.86	0.88	0.54	0.38	151.37	46.34	121.57	0.01794
450	57228.0	1.9	36.70	23.80	46.19	0.64	0.20	0.68	155.61	13.46	121.59	0.00931
451	57228.8	2.7	352.62	66.30	27.60	0.94	0.85	0.09	57.15	27.01	122.33	0.03307
452	57228.8	-0.2	268.52	60.51	18.49	1.88	1.01	0.46	31.04	188.63	122.36	1.75076
453	57228.9	1.2	37.07	51.74	53.30	1.96	0.77	0.61	110.89	111.16	122.46	0.01041
454	57229.0	3.6	332.26	-15.13	20.38	0.89	0.29	0.68	3.49	140.96	302.49	0.06595
455	57229.0	-0.2	33.68	56.29	54.10	3.60	0.85	0.76	105.46	129.12	122.51	0.02801
456	57229.0	0.9	25.91	-13.65	59.13	1.80	0.81	0.55	136.08	64.62	302.52	0.02048
457	57229.0	1.6	287.19	38.52	27.06	10.36	0.90	0.91	37.70	220.72	122.55	0.09608
458	57230.0	2.9	246.52	18.64	11.22	2.86	1.00	0.65	10.97	195.87	123.45	1.41346
459	57230.8	1.7	303.75	-8.84	21.45	2.14	0.59	0.72	7.72	269.31	124.24	0.34046
460	57230.8	1.6	302.51	-1.87	21.67	2.15	0.61	0.72	12.73	267.48	124.24	0.30215
461	57230.9	3.4	286.52	-1.20	14.85	2.06	0.82	0.60	9.19	240.05	124.29	0.20699
462	57231.0	0.5	21.08	33.95	61.80	2.23	1.01	0.55	138.46	188.41	124.38	0.01017
463	57231	0.9	25.25	53.06	56.72	4.34	0.96	0.78	111.14	152.15	124.42	0.00809

464	57231.0	0.0	14.08	-20.98	55.54	2.56	0.48	0.81	121.47	100.52	304.45	0.05150
465	57234.0	1.4	340.66	-21.61	38.90	2.46	0.13	0.95	34.36	142.16	307.26	0.05320
466	57234.0	3.4	284.89	-20.86	7.77	1.38	0.91	0.34	0.45	233.38	127.30	5.61978
467	57238.9	2.6	0.21	64.55	47.70	4.89	1.01	0.79	86.23	183.84	132.01	0.00331
468	57239.0	2.4	36.34	56.49	55.18	3.08	0.94	0.69	109.24	145.83	132.09	0.00214
469	57239.0	-1.9	20.70	45.20	58.02	2.52	1.00	0.60	120.54	195.95	132.12	0.08371
470	57240.9	-0.7	24.70	17.45	64.35	2.40	0.77	0.68	166.99	246.57	133.86	0.06852
471	57241.0	1.8	35.61	13.50	71.76	-11.46	0.98	1.09	178.92	20.86	314.01	0.00177
472	57241.9	2.5	321.13	-13.30	24.97	2.44	0.49	0.80	1.66	279.90	134.89	0.07778
473	57250.0	3.5	11.11	62.35	34.73	0.94	0.79	0.16	73.82	309.41	142.63	0.00480
474	57250.0	-1.1	70.23	47.26	58.88	2.66	0.66	0.75	128.82	101.44	142.64	0.05198
475	57250.0	1.5	51.41	58.70	53.81	2.15	0.93	0.57	109.16	139.88	142.66	0.00537
476	57250.8	0.2	64.90	42.84	58.47	1.62	0.71	0.56	137.20	99.65	143.43	0.05202
477	57251.0	-4.1	48.52	28.22	65.27	2.16	1.01	0.53	162.23	181.07	143.59	0.51263
478	57255.9	-2.5	26.39	40.77	58.80	2.71	0.77	0.72	126.12	244.52	148.30	0.18639
479	57256.0	0.9	19.39	6.80	51.64	1.49	0.08	0.95	174.12	154.02	328.36	0.01450
480	57256.0	-1.0	60.27	62.18	54.90	3.35	0.94	0.72	107.20	145.34	148.42	0.05522
481	57256.0	-0.4	32.85	40.66	59.79	2.29	0.85	0.63	131.47	234.14	148.43	0.01959
482	57256.9	2.6	283.68	64.77	26.08	3.44	1.00	0.71	42.26	190.37	149.25	0.03569
483	57257	-0.6	46.74	41.66	58.10	1.37	0.99	0.28	136.25	207.14	149.36	0.02918
484	57257.0	2.2	358.13	29.34	24.24	0.79	0.24	0.69	36.38	329.30	149.38	0.06795
485	57264.7	0.3	299.36	20.16	13.12	2.15	0.92	0.57	13.71	220.22	156.83	4.70155
486	57264.9	-0.2	90.04	30.50	60.74	1.81	0.48	0.73	163.96	76.74	157.00	0.06973
487	57265	2.9	35.87	-27.73	14.84	0.78	0.43	0.44	23.74	149.23	337.08	0.70111
488	57265.1	-3.0	77.05	-11.08	50.72	1.13	0.91	0.20	113.51	293.90	337.13	1.24611
489	57265.8	2.3	273.69	62.57	17.94	1.74	1.01	0.42	30.45	187.43	157.87	0.19594
490	57266.0	-0.8	42.20	49.62	52.27	1.25	0.80	0.36	116.88	257.00	158.01	0.05169
491	57266.0	0.9	31.77	50.49	59.73	34.23	0.85	0.98	115.81	227.91	158.09	0.00577
492	57267.7	2.2	203.63	31.54	13.91	2.22	0.92	0.59	13.89	140.01	159.72	0.83877
493	57267.8	3.7	347.13	77.02	31.14	1.38	0.99	0.28	58.91	204.71	159.76	0.00716
494	57269.0	-0.3	51.22	24.51	60.58	1.41	0.62	0.56	168.17	273.94	160.96	0.01994
495	57269.1	-3.0	73.35	28.35	66.36	2.36	0.99	0.58	169.62	160.91	161.02	0.15159
496	57269.8	2.4	346.61	1.59	22.36	1.71	0.49	0.71	5.56	283.27	161.76	0.10985
497	57269.8	0.3	231.71	49.86	17.76	3.10	0.98	0.68	24.95	159.90	161.77	1.85600
498	57269.8	0.3	230.34	49.02	15.83	2.37	0.98	0.59	22.56	158.70	161.77	3.01617
499	57270.0	2.1	58.40	50.42	48.22	0.86	0.67	0.22	117.51	329.31	161.94	0.00492
500	57270.1	3.1	66.66	57.91	51.99	1.31	1.00	0.24	112.63	163.51	161.98	0.00141

501	57272.8	3.1	17.70	71.40	44.29	2.90	0.95	0.67	80.59	210.06	164.63	0.00311
502	57273.8	2.1	252.59	11.78	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	296.11	164.24	NaN
503	57274.8	3.1	348.96	-2.78	23.78	2.50	0.53	0.79	1.50	274.85	166.55	0.06180
504	57274.8	3.6	314.98	43.75	17.57	1.79	0.89	0.50	25.53	230.02	166.59	0.06420
505	57280.8	2.7	59.18	55.51	53.75	1.60	0.86	0.47	114.32	237.65	172.44	0.00284
506	57280.8	4.6	243.59	75.16	12.69	1.05	0.99	0.06	24.19	132.76	172.45	0.11801
507	57281.0	2.1	61.46	64.96	54.78	3.99	0.97	0.76	104.82	202.29	172.64	0.00281
508	57281.9	3.9	186.62	76.28	27.25	1.29	0.90	0.30	50.08	122.88	173.52	0.01435
509	57281.9	2.5	330.01	9.30	10.20	1.48	0.86	0.42	6.15	238.60	173.53	1.97791
510	57282.0	-2.6	66.01	54.25	59.87	3.51	0.94	0.73	122.49	212.57	173.63	0.13841
511	57282.1	-0.9	84.49	8.95	55.99	0.92	0.83	0.10	150.52	183.97	353.66	0.05529
512	57282.1	1.2	71.60	57.57	141.8	-0.07	1.00	14.96	136.72	186.07	173.67	0.00013
513	57282.8	-0.4	66.26	52.19	58.17	2.10	0.90	0.57	124.11	224.58	174.38	0.04065
514	57283.0	1.0	91.19	26.31	70.03	8.12	0.97	0.88	174.95	157.30	174.52	0.00612
515	57283.0	-0.3	91.03	26.77	62.29	1.31	0.92	0.30	173.56	128.25	174.52	0.03271
516	57283.8	0.6	19.58	18.60	32.19	1.17	0.13	0.89	21.08	327.74	175.34	0.15249
517	57283.9	-0.4	25.77	-30.27	28.92	2.33	0.57	0.76	36.72	90.60	355.49	1.40497
518	57284.0	1.3	84.82	-19.05	60.13	-9.04	1.00	1.11	109.99	5.50	355.55	0.02161
519	57284.7	2.2	226.32	66.16	26.36	2.77	0.96	0.65	42.37	152.95	176.23	0.05332
520	57284.7	2.7	225.83	66.12	24.19	2.11	0.96	0.54	39.76	150.90	176.23	0.04722
521	57284.7	2.8	205.09	78.53	35.24	3.18	0.97	0.70	59.87	156.03	176.24	0.01050
522	57284.7	4.6	333.65	31.39	9.12	1.19	0.86	0.28	10.66	251.47	176.24	0.40884
523	57284.9	2.9	290.78	42.01	13.74	2.18	0.98	0.55	19.52	199.50	176.38	0.37683
524	57284.9	-0.2	42.91	55.01	52.46	2.76	0.67	0.76	103.56	256.80	176.41	0.02933
525	57284.9	2.4	295.48	32.56	12.20	2.22	0.98	0.56	15.40	202.97	176.41	1.05248
526	57284.9	1.9	10.68	7.26	26.82	1.51	0.31	0.79	2.97	303.82	176.45	0.06960
527	57285.8	1.7	332.97	-16.69	13.74	2.95	0.87	0.70	1.97	46.80	357.34	1.78410
528	57286.0	0.1	60.25	54.51	56.76	2.62	0.81	0.69	116.78	237.87	177.47	0.01497
529	57286.1	0.7	22.32	21.22	35.09	1.31	0.11	0.91	29.33	329.38	177.59	0.07631
530	57286.8	2.4	339.53	82.06	37.73	3.55	0.98	0.72	65.00	197.51	178.25	0.01114
531	57286.9	2.7	53.12	68.18	51.26	4.02	0.91	0.77	95.41	217.39	178.36	0.00231
532	57286.9	2.7	21.48	5.89	25.06	1.07	0.25	0.77	3.70	137.18	358.41	0.04429
533	57286.9	-1.1	59.10	20.12	62.09	3.19	0.40	0.88	179.32	107.38	358.38	0.04172
534	57287.1	-2.0	100.90	35.00	63.88	1.91	0.87	0.55	157.48	128.51	178.55	0.07313
535	57287.1	0.5	115.01	30.14	61.60	2.02	0.51	0.75	160.80	80.87	178.56	0.00969
536	57287.7	1.2	59.05	56.19	54.39	2.18	0.77	0.64	111.63	245.29	179.16	0.01603
537	57287.8	0.5	49.64	36.17	59.69	5.97	0.38	0.94	136.15	286.12	179.24	0.01936
538	57287.8	3.1	50.32	34.98	51.80	1.31	0.22	0.83	131.18	315.73	179.24	0.00323

539	57287.9	-1.3	93.18	49.81	60.53	2.02	1.00	0.51	132.30	169.29	179.35	0.07871
540	57288.0	-0.9	108.60	11.29	59.03	1.32	0.54	0.59	155.89	255.75	359.42	0.14366
541	57288.0	2.6	84.46	59.33	46.36	0.92	0.81	0.12	106.00	320.09	179.43	0.00392
542	57288.0	0.4	44.46	12.46	49.75	1.77	0.03	0.98	149.01	163.33	359.48	0.02226
543	57290.0	3.0	320.36	72.50	27.98	2.08	0.95	0.54	47.78	212.11	181.40	0.02163
544	57290.0	3.4	23.98	3.47	21.82	1.01	0.31	0.69	6.12	132.97	1.42	0.04446
545	57290.9	2.1	245.59	54.81	19.18	2.48	0.99	0.60	29.50	162.93	182.31	0.36361
546	57296.9	1.7	72.33	41.84	58.45	1.80	0.55	0.69	137.99	275.32	188.22	0.00350
547	57297.1	0.0	102.95	-10.08	53.24	1.27	0.94	0.26	116.94	315.65	8.32	0.05400
548	57297.9	2.0	26.97	11.60	28.11	1.38	0.25	0.82	0.62	311.64	189.15	0.05309
549	57298.0	3.4	222.18	70.68	32.60	3.76	0.97	0.74	53.59	157.53	189.26	0.01202
550	57298.8	2.6	4.53	45.00	32.41	4.29	0.57	0.87	41.25	265.39	190.09	0.01334
551	57299.0	1.8	100.65	16.46	64.78	1.70	1.00	0.41	167.85	2.53	10.25	0.00291
552	57299.1	1.7	358.30	2.82	17.50	2.40	0.73	0.70	1.73	250.61	190.33	1.32571
553	57299.7	1.3	271.97	29.18	11.46	2.56	1.00	0.61	13.95	178.00	190.96	3.08133
554	57299.7	4.3	274.12	33.52	13.45	3.28	1.00	0.69	16.89	179.59	190.96	0.10028
555	57300.7	1.7	11.05	74.35	38.60	3.92	0.86	0.78	64.85	227.64	191.94	0.01863
556	57300.9	4.5	217.43	80.59	33.06	2.07	1.00	0.52	58.49	172.51	192.06	0.00309
557	57301.7	3.8	274.32	57.72	19.20	2.62	1.00	0.62	30.01	182.32	192.93	0.03794
558	57301.8	1.2	32.40	10.60	32.20	1.76	0.20	0.89	4.08	134.36	12.99	0.09965
559	57301.9	-2.1	73.73	0.26	53.70	1.69	0.37	0.78	122.57	116.36	13.11	0.35504
560	57302.7	1.9	19.68	19.10	30.22	2.98	0.36	0.88	12.39	291.75	193.92	0.06347
561	57302.7	2.6	19.42	20.56	30.13	2.86	0.36	0.87	14.12	291.73	193.92	0.03249
562	57302.9	3.1	7.94	9.05	14.33	1.43	0.70	0.51	2.42	263.65	194.04	0.27499
563	57302.9	1.9	99.68	13.71	65.37	2.01	0.96	0.52	162.78	26.08	14.10	0.00532
564	57302.9	2.1	31.47	13.43	28.29	1.40	0.25	0.82	0.89	311.18	194.11	0.04477
565	57303.0	2.5	311.49	43.52	15.70	2.77	0.96	0.65	20.79	206.63	194.14	0.41103
566	57303	1.5	66.69	25.90	23.90	0.61	0.06	0.89	9.52	349.22	194.18	0.14419
567	57303	2.2	64.31	40.88	38.47	0.76	0.10	0.87	90.57	339.84	194.18	0.01004
568	57303	3.8	36.95	55.11	27.90	0.94	0.38	0.60	47.81	311.20	194.18	0.00803
569	57303.1	1.6	108.96	37.70	61.55	1.39	1.00	0.28	151.24	174.38	194.28	0.00283
570	57303.1	-0.5	107.82	42.00	67.25	6.14	1.00	0.84	146.37	182.66	194.28	0.01325
571	57303.7	2.7	99.69	70.86	54.78	18.61	0.97	0.95	99.21	200.05	194.91	0.00298
572	57303.8	2.1	41.64	3.59	26.89	1.09	0.24	0.78	16.64	137.48	15.01	0.09213
573	57304.1	1.7	134.10	51.72	56.68	2.12	0.85	0.60	117.46	126.42	195.23	0.00433
574	57304.1	2.3	61.74	56.11	52.76	3.84	0.57	0.85	101.84	266.68	195.25	0.00250
575	57320.0	-0.1	124.48	47.08	67.92	-7.81	0.97	1.12	135.01	195.73	211.07	0.01029
576	57320.7	1.0	44.48	9.48	25.99	1.65	0.37	0.77	7.60	115.79	31.76	0.45127
577	57321.0	2.8	40.49	5.88	24.75	1.95	0.46	0.77	8.63	104.35	32.03	0.04393

578	57321	2.2	177.97	73.63	35.07	1.33	0.99	0.25	66.94	174.60	212.04	0.02127
579	57324.8	-1.1	319.05	-6.44	4.41	1.45	0.99	0.32	1.15	190.33	215.83	1580.38290
580	57325.0	0.0	105.14	-4.83	50.16	1.00	0.50	0.50	117.77	118.73	36.05	0.04838
581	57325.1	3.5	73.88	11.26	43.58	1.68	0.05	0.97	66.01	158.39	36.10	0.00235
582	57325.9	0.5	103.66	16.65	54.90	1.05	0.28	0.73	163.53	134.53	36.96	0.01911
583	57326.7	1.5	44.25	6.94	20.63	1.55	0.53	0.66	6.96	100.54	37.77	0.50703
584	57326.8	3.0	52.59	9.78	23.64	1.33	0.38	0.71	8.70	118.47	37.87	0.04611
585	57326.9	1.7	106.74	-0.29	56.11	1.37	0.58	0.58	130.92	98.24	37.91	0.02137
586	57331.7	2.3	54.84	17.65	28.92	1.99	0.32	0.84	2.28	118.78	42.76	0.06602
587	57337.9	2.1	22.42	30.72	17.29	3.01	0.79	0.74	9.56	238.48	229.00	0.29853
588	57338.0	3.8	55.45	60.28	30.43	2.12	0.55	0.74	41.03	272.71	229.01	0.00584
589	57338.0	0.9	80.02	24.36	37.17	1.34	0.06	0.95	4.40	336.89	229.02	0.04170
590	57338.0	1.7	129.21	58.06	60.77	-4.73	0.81	1.17	110.10	228.83	229.03	0.00297
591	57338.0	1.8	131.52	56.47	43.34	0.95	0.52	0.45	94.59	301.81	229.03	0.01106
592	57338.1	4.0	176.85	79.20	38.24	2.56	0.94	0.63	66.84	208.76	229.15	0.00229
593	57339.0	-0.2	99.98	7.53	47.62	1.24	0.11	0.91	112.03	149.89	50.03	0.05633
594	57339	2.7	149.83	24.32	66.47	2.28	0.98	0.57	159.60	165.46	230.07	0.00125
595	57339.1	1.3	160.01	-3.56	54.67	0.99	0.32	0.68	151.47	227.55	50.15	0.01246
596	57339.1	2.0	103.39	9.27	49.97	1.24	0.13	0.90	127.30	147.60	50.18	0.00575
597	57340.0	-1.7	141.20	23.65	68.73	3.69	0.96	0.74	165.70	201.59	231.09	0.04979
598	57340.1	3.9	58.67	29.77	28.92	2.37	0.37	0.84	10.79	291.79	231.18	0.01047
599	57341.0	-0.1	155.45	48.14	59.55	3.30	0.98	0.70	118.53	194.42	232.08	0.01947
600	57341.0	2.3	107.78	32.52	80.24	-0.50	0.48	1.96	157.10	257.26	232.12	0.00049
601	57341.0	2.1	124.60	59.57	54.18	6.92	0.69	0.90	100.57	248.87	232.12	0.00283
602	57341.8	2.5	57.85	14.54	23.13	1.86	0.49	0.74	4.56	100.78	52.88	0.08719
603	57341.9	3.5	94.03	81.35	39.78	11.45	0.82	0.93	63.16	230.44	232.96	0.00326
604	57341.9	3.2	179.06	72.94	41.48	2.73	0.96	0.65	73.44	202.22	232.97	0.00489
605	57343.0	4.0	197.02	60.80	40.80	1.91	0.97	0.49	74.76	162.49	234.07	0.00294
606	57343.0	2.3	73.49	-11.05	32.62	3.34	0.49	0.85	38.67	95.40	54.08	0.03146
607	57343.1	2.4	58.80	10.57	23.25	2.01	0.51	0.74	7.79	97.28	54.20	0.13192
608	57343.7	2.5	272.00	54.31	18.40	2.24	0.98	0.56	28.82	168.94	234.78	0.17533
609	57343.7	2.5	24.92	35.38	15.10	2.30	0.82	0.64	9.80	235.32	234.78	0.38336
610	57345.0	-1.4	223.21	62.94	33.59	2.24	0.97	0.57	58.19	163.27	236.11	0.95120
611	57345.0	3.5	296.99	76.26	21.01	1.91	0.96	0.50	34.55	203.84	236.12	0.05249
612	57345.0	1.2	156.46	22.99	51.31	0.70	0.40	0.43	151.34	9.30	236.14	0.01198
613	57345.2	1.4	153.68	9.77	55.18	0.77	0.50	0.35	177.68	204.46	56.26	0.00587
614	57345.7	3.8	275.03	48.47	18.22	2.77	0.98	0.65	26.91	165.73	236.85	0.06265
615	57347.1	1.4	122.32	15.49	61.08	2.21	0.36	0.84	168.68	113.24	58.27	0.00404

616	57357.1	2.5	78.36	10.58	28.67	2.58	0.40	0.84	13.64	106.81	68.31	0.04072
617	57358.1	2.2	93.14	20.32	41.05	5.09	0.11	0.98	9.12	143.20	69.32	0.00948
618	57358.1	-1.0	182.21	25.27	60.45	1.76	0.84	0.52	134.20	125.11	249.32	0.04457
619	57358.1	3.3	179.52	32.78	64.54	9.24	0.97	0.90	128.78	163.77	249.32	0.00057
620	57360.8	3.9	125.99	82.12	33.57	4.07	0.82	0.80	52.20	231.24	252.07	0.00505
621	57361.1	-0.9	185.54	8.66	55.72	0.96	0.38	0.60	155.55	51.25	252.38	0.06812
622	57361.7	-0.8	21.53	-0.81	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	208.39	248.92	NaN
623	57361.7	1.3	32.75	-50.94	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	208.39	248.92	NaN
624	57363.0	0.4	75.69	1.22	23.67	2.74	0.60	0.78	16.04	83.37	74.28	0.50633
625	57363.9	2.5	118.79	27.00	71.48	-0.61	0.15	1.25	154.32	302.03	255.25	0.00084
626	57364.0	1.5	127.59	30.50	52.52	2.25	0.09	0.96	126.29	328.90	255.31	0.00589
627	57365.0	1.9	135.28	22.69	42.99	0.78	0.02	0.97	139.04	349.73	256.35	0.00947
628	57365.0	2.0	164.04	43.34	51.95	1.35	0.68	0.50	110.42	266.21	256.37	0.00419
629	57365.0	1.6	170.18	49.43	52.14	2.08	0.83	0.60	101.93	235.22	256.37	0.00594
630	57365.1	0.6	107.32	34.14	29.98	1.09	0.18	0.83	20.14	322.53	256.45	0.13326
631	57365.1	-0.9	150.74	34.88	58.34	2.12	0.49	0.77	130.92	278.77	256.48	0.03264
632	57365.1	2.6	121.93	-9.05	47.53	1.61	0.31	0.81	94.37	121.81	76.49	0.00638
633	57368.9	4.0	109.97	46.66	46.77	-3.63	0.28	1.08	56.83	292.71	260.36	0.00090
634	57368.9	2.2	139.99	23.80	59.71	3.89	0.22	0.94	155.67	306.96	260.37	0.00226
635	57369.0	1.7	111.25	31.09	31.70	1.17	0.16	0.87	17.62	324.26	260.38	0.03396
636	57369.0	1.9	111.62	33.12	32.40	1.22	0.16	0.87	21.98	323.10	260.45	0.02682
637	57369.1	0.5	135.23	-1.65	62.11	21.42	0.41	0.98	136.01	99.76	80.49	0.00997
638	57369.1	1.0	111.38	32.86	33.30	1.29	0.15	0.88	22.41	323.17	260.50	0.05636
639	57369.1	0.6	203.17	40.08	54.87	5.18	0.95	0.82	101.07	156.93	260.51	0.01353
640	57369.1	1.2	202.62	41.20	52.51	2.89	0.95	0.67	98.56	157.70	260.51	0.00951
641	57369.1	3.4	112.23	34.48	33.86	1.32	0.16	0.88	26.47	322.68	260.53	0.00599
642	57369.1	0.2	128.55	3.08	54.27	2.59	0.17	0.94	124.18	136.03	80.54	0.02314
643	57370.7	-3.4	113.62	32.69	31.49	1.17	0.17	0.86	20.64	323.01	262.18	9.37956
644	57370.7	-1.3	114.82	30.48	30.54	1.06	0.15	0.85	16.91	326.10	262.18	1.79819
645	57370.8	0.8	73.45	10.14	15.26	1.74	0.74	0.57	5.72	70.77	82.23	2.00976
646	57370.8	3.4	86.38	37.25	16.66	1.30	0.61	0.53	7.85	275.87	262.27	0.10197
647	57370.8	3.1	113.87	32.20	31.06	1.13	0.17	0.85	19.51	323.49	262.29	0.01422
648	57370.9	1.0	110.46	41.55	41.14	6.94	0.22	0.97	42.83	305.24	262.35	0.02482
649	57370.9	3.8	112.34	40.09	37.68	2.29	0.20	0.91	38.12	311.54	262.35	0.00267
650	57371.1	-0.9	189.34	28.05	58.93	1.70	0.97	0.43	126.17	162.61	262.53	0.04012
651	57371.1	1.3	97.03	-37.14	17.20	1.18	0.82	0.30	28.50	72.90	82.58	32.03575
652	57371.9	2.1	57.17	-16.31	10.63	1.83	0.92	0.50	9.97	36.30	83.33	3.14770
653	57371.9	2.5	167.56	33.57	60.32	2.50	0.73	0.71	128.82	248.19	263.41	0.00206

654	57372.0	1.7	149.14	17.59	53.82	1.06	0.18	0.83	165.30	322.90	263.48	0.00532
655	57372.0	3.2	115.74	32.94	33.20	1.25	0.15	0.88	23.93	323.77	263.51	0.00743
656	57372.2	2.1	148.28	-17.46	45.39	0.78	0.38	0.51	110.50	144.65	83.63	0.01487
657	57372.2	4.8	295.09	70.89	20.81	3.02	0.98	0.68	31.92	189.67	263.66	0.01542
658	57372.9	0.0	240.08	51.66	31.90	2.06	0.94	0.54	54.79	150.74	264.36	0.71807
659	57372.9	-1.1	237.68	67.84	29.49	2.29	0.98	0.57	50.04	187.61	264.36	1.26193
660	57372.9	2.0	162.21	-10.54	50.35	0.71	0.39	0.45	140.65	161.09	84.39	0.18935
661	57373.0	2.9	70.88	30.04	14.38	1.74	0.76	0.56	3.34	247.73	264.46	0.29652
662	57373.0	2.7	162.20	19.79	69.62	-18.12	0.74	1.04	158.38	239.65	264.51	0.00075
663	57373.1	4.7	196.41	75.56	26.62	1.46	0.89	0.39	46.54	229.88	264.57	0.00533
664	57373.1	0.3	188.91	-11.05	34.97	0.53	0.01	0.98	124.58	183.36	84.61	0.18250
665	57373.1	1.3	189.77	3.83	44.12	0.58	0.11	0.81	155.40	10.33	264.61	0.02039
666	57373.1	-0.4	186.63	22.68	72.88	-2.36	0.98	1.42	141.76	175.73	264.64	0.00976
667	57373.2	0.0	178.84	19.24	67.60	4.07	0.97	0.76	149.78	194.15	264.67	0.00847
668	57373.7	3.2	44.29	50.07	12.49	2.08	0.89	0.57	10.54	221.77	265.24	0.36377
669	57373.8	3.8	214.62	59.46	33.77	1.45	0.98	0.33	62.41	190.94	265.27	0.01131
670	57373.8	2.9	151.31	31.07	52.32	1.34	0.24	0.82	125.14	313.18	265.31	0.00573
671	57373.8	4.3	330.10	59.53	12.94	2.32	0.98	0.58	17.84	188.55	265.31	0.14266
672	57374.0	3.9	39.32	25.54	10.06	2.26	0.93	0.59	2.64	212.20	265.47	0.60746
673	57374.0	0.4	151.78	13.03	59.71	1.61	0.33	0.79	176.52	300.09	265.48	0.01425
674	57374.1	1.8	154.74	16.41	61.52	1.95	0.41	0.79	166.78	288.70	265.59	0.00263
675	57374.1	-0.7	203.74	4.86	60.11	1.78	0.45	0.74	148.05	74.88	265.64	0.03857
676	57379.0	2.7	81.50	4.57	19.20	2.67	0.72	0.73	10.43	68.31	90.59	0.15850
677	57379	3.4	190.60	36.71	60.49	8.18	0.95	0.88	115.27	200.32	270.60	0.00079
678	57379.1	1.5	83.41	-44.22	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	13.56	85.17	NaN
679	57380.1	3.5	219.06	63.14	36.68	2.82	0.97	0.66	62.87	194.74	271.74	0.00402
680	57385.9	3.6	152.99	49.20	33.98	1.16	0.36	0.69	55.92	303.38	277.63	0.00561
681	57385.9	1.9	151.44	3.91	52.92	1.33	0.11	0.91	151.52	148.47	97.67	0.00603
682	57386	1.4	185.33	9.11	64.79	1.70	0.92	0.46	160.37	217.81	277.73	0.00503
683	57386.0	2.9	123.08	0.62	42.97	5.07	0.18	0.96	50.35	131.51	97.74	0.00468
684	57386.1	1.5	170.73	58.62	53.99	-1.61	0.74	1.46	81.76	234.14	277.86	0.00482
685	57386.2	0.8	169.98	26.96	58.98	2.51	0.47	0.81	131.34	279.99	277.90	0.00689
686	57391.0	1.9	226.60	49.84	39.84	2.17	0.98	0.55	71.31	175.67	282.78	0.02573
687	57391.0	0.0	227.16	50.04	37.61	1.75	0.98	0.44	68.47	174.71	282.87	0.12366
688	57391.7	3.3	328.85	23.60	8.21	1.88	0.97	0.49	7.22	162.04	283.49	2.00379
689	57396.9	1.3	148.22	38.41	35.76	1.64	0.26	0.84	44.14	307.92	288.79	0.03997
690	57396.9	3.7	83.43	8.23	11.35	1.88	0.88	0.53	4.81	45.98	108.88	0.44597
691	57400.1	3.7	114.75	4.73	18.17	1.42	0.61	0.57	10.05	92.73	112.10	0.11261

692	57400.1	0.7	217.25	-11.86	58.79	1.06	0.48	0.55	173.93	63.52	292.11	0.01742
693	57400.1	1.3	213.92	29.54	63.43	-4.31	0.98	1.23	113.83	185.91	292.15	0.00335
694	57417.0	4.4	175.08	-47.98	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	152.17	310.54	NaN
695	57417.1	3.2	316.12	79.49	14.07	1.95	0.98	0.50	21.45	187.48	309.39	0.29618
696	57419.8	4.3	128.80	21.32	16.11	1.68	0.71	0.58	1.29	256.02	312.16	0.05701
697	57419.9	4.3	230.42	40.77	41.06	1.61	0.96	0.41	76.90	206.60	312.27	0.00239
698	57420.0	5.1	103.23	45.15	10.28	1.86	0.92	0.51	6.27	217.39	312.37	0.17692
699	57420.1	3.4	13.62	71.56	9.38	1.77	0.98	0.44	12.64	184.54	312.49	1.34430
700	57425.1	0.1	152.99	3.52	28.89	1.62	0.31	0.81	9.14	122.57	137.51	0.40496
701	57425.8	4.2	163.36	-5.83	39.57	1.92	0.11	0.94	35.11	145.54	138.27	0.00359
702	57425.9	2.3	144.99	17.10	19.14	1.48	0.58	0.61	1.94	275.41	318.29	0.17681
703	57426.0	2.8	169.45	14.08	42.01	3.47	0.10	0.97	28.52	325.43	318.43	0.00466
704	57426.9	3.6	134.22	20.46	14.95	1.65	0.74	0.55	1.41	252.12	319.35	0.12834
705	57427.9	-2.5	199.86	-6.33	59.50	1.83	0.28	0.85	174.77	304.57	320.35	0.57056
706	57429.9	2.8	166.80	27.59	36.76	11.84	0.35	0.97	30.39	288.22	322.37	0.00763
707	57429.9	3.2	131.47	10.62	21.67	5.11	0.70	0.86	4.46	67.74	142.37	0.04700
708	57429.9	4.7	220.49	61.16	17.38	1.15	0.90	0.22	30.73	240.17	322.38	0.03118
709	57429.9	3.2	342.73	-20.59	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	322.64	137.97	NaN
710	57430.0	1.5	219.25	16.77	57.22	2.26	0.70	0.69	118.47	252.64	322.43	0.00704
711	57430.0	3.8	103.75	33.85	11.81	3.01	0.93	0.69	3.40	211.02	322.45	0.31890
712	57430.0	3.9	103.30	33.68	11.41	2.81	0.93	0.67	3.24	210.59	322.45	0.32617
713	57430	3.5	278.72	41.85	26.94	1.55	0.87	0.44	46.34	126.67	322.48	0.02853
714	57431.1	2.0	176.67	7.80	36.03	1.27	0.09	0.93	16.85	332.34	323.55	0.01991
715	57434.0	3.5	128.75	28.50	14.56	2.53	0.84	0.67	3.86	230.59	326.49	0.16362
716	57434.0	3.5	126.65	23.28	13.06	2.13	0.86	0.60	1.47	229.85	326.50	0.27955
717	57434.0	4.0	138.77	23.50	19.78	3.51	0.73	0.79	4.12	245.87	326.54	0.03455
718	57434.1	-0.2	226.31	-25.65	61.66	1.18	0.90	0.23	164.49	57.54	146.61	0.04811
719	57434.1	-0.4	227.50	3.64	62.18	1.95	0.83	0.58	140.71	236.13	326.65	0.02110
720	57434.1	0.8	251.76	16.32	54.71	2.06	0.92	0.56	109.48	142.80	326.66	0.01096
721	57435.9	2.1	206.13	-0.67	59.65	3.02	0.26	0.92	152.30	303.40	328.41	0.00857
722	57436.1	1.0	236.81	20.39	55.51	2.43	0.94	0.61	109.25	208.89	328.59	0.00897
723	57436.1	3.5	316.44	49.68	17.02	2.04	0.92	0.55	24.50	143.73	328.63	0.13700
724	57437.0	4.3	134.64	7.70	19.11	3.60	0.76	0.79	4.93	62.20	149.56	0.04082
725	57437.1	0.7	240.02	4.13	38.26	0.58	0.17	0.70	106.81	358.04	329.62	0.06310
726	57452.9	2.8	254.99	66.99	17.01	1.47	0.99	0.33	29.48	188.85	345.56	0.18854
727	57453.0	2.1	310.59	48.27	25.48	2.87	0.87	0.70	38.23	134.43	345.59	0.16849
728	57454.8	0.9	134.91	17.67	7.98	1.60	0.94	0.41	0.13	214.67	347.44	20.46128
729	57456.1	2.5	332.96	50.65	13.57	1.55	0.90	0.42	19.22	134.30	348.75	0.71607
730	57457.0	3.1	186.41	37.65	21.65	2.17	0.73	0.66	22.99	250.61	349.67	0.04608

731	57457.1	3.7	241.88	-6.47	58.55	1.26	0.55	0.57	148.90	283.89	349.75	0.00077
732	57462.9	2.0	158.09	5.28	14.89	2.17	0.82	0.62	1.57	57.85	175.48	0.65510
733	57466.8	4.2	169.73	-37.18	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	101.66	8.24	NaN
734	57474.0	4.2	184.04	19.08	18.39	2.38	0.75	0.68	10.28	246.62	6.56	0.03966
735	57475.0	-0.1	218.92	5.45	50.21	-2.94	0.19	1.07	64.06	304.55	7.48	0.03873
736	57478.0	-2.5	256.86	-2.40	58.48	1.91	0.54	0.72	134.57	276.22	10.45	0.34639
737	57479	2.1	219.83	-8.34	41.87	2.48	0.07	0.97	26.70	332.46	11.47	0.01375
738	57479	3.1	219.60	-14.29	39.48	1.62	0.06	0.96	4.38	336.99	11.47	0.00805
739	57480.9	4.0	79.75	28.09	7.11	2.00	0.99	0.51	0.97	164.95	13.35	3.16592
740	57481.1	3.6	210.77	11.18	25.24	1.65	0.48	0.71	20.60	284.16	13.52	0.02025
741	57481.9	4.1	234.81	67.38	20.17	2.72	0.99	0.64	31.16	193.33	14.29	0.02802
742	57482.9	1.5	198.85	30.78	30.95	-2.52	0.76	1.30	27.21	235.44	15.33	0.04800
743	57483.0	1.1	307.44	44.19	40.72	13.13	0.86	0.93	66.35	135.94	15.41	0.03808
744	57485.0	2.6	197.72	-26.47	18.70	1.23	0.55	0.55	11.80	105.50	197.40	0.46275
745	57485.9	0.4	179.84	23.08	10.38	1.72	0.92	0.47	6.19	222.36	18.27	10.15157
746	57486.0	1.9	212.46	-6.81	30.05	1.97	0.31	0.84	7.89	300.26	18.34	0.05459
747	57490.8	1.4	226.93	42.69	16.78	1.43	0.88	0.39	25.38	236.92	23.10	0.70566
748	57493.9	1.9	261.02	38.66	34.54	2.02	0.89	0.56	60.37	226.75	26.11	0.02955
749	57494.9	3.3	260.15	46.08	42.16	-3.46	0.95	1.28	64.02	204.09	27.10	0.00309
750	57508.0	2.8	217.41	41.90	12.60	1.65	0.95	0.43	16.88	216.41	39.90	0.53286
751	57508.8	3.5	292.04	70.23	23.75	2.58	0.99	0.62	38.83	163.65	40.60	0.03341
752	57508.9	0.6	260.01	-12.57	27.42	0.76	0.11	0.85	21.86	338.59	40.77	0.38459
753	57522.9	2.9	7.10	43.91	35.47	2.28	0.46	0.80	52.67	76.89	54.32	0.02410
754	57538	3.0	300.24	54.05	38.49	6.04	1.01	0.83	65.23	182.33	68.80	0.00485
755	57562.9	2.3	255.71	55.96	19.45	2.58	1.01	0.61	30.59	192.35	92.59	0.14007
756	57563.0	2.3	288.77	-6.98	28.90	1.69	0.33	0.80	19.58	300.98	92.69	0.04459
757	57563.9	0.2	305.72	-5.89	40.56	1.73	0.09	0.95	50.02	331.43	93.51	0.13205
758	57563.9	3.0	300.20	51.41	87.92	-0.17	0.99	6.90	88.06	193.99	93.60	0.00017
759	57564.0	3.0	310.97	-39.80	21.87	0.89	0.31	0.66	21.93	139.60	273.62	0.35127
760	57564.0	1.3	294.34	-12.26	35.49	2.52	0.20	0.92	18.34	313.11	93.62	0.05830
761	57565.0	2.4	17.85	15.25	58.90	1.31	0.55	0.58	164.57	75.89	94.58	0.00425
762	57565.0	1.7	11.10	20.27	62.09	1.94	0.79	0.59	152.38	114.27	94.59	0.00450
763	57565	4.1	222.03	56.60	13.12	2.21	1.02	0.54	19.06	178.07	94.60	0.17238
764	57566.0	4.3	311.90	-1.74	40.32	1.31	0.09	0.93	64.27	333.43	95.54	0.00173
765	57569.9	2.8	269.67	-19.63	16.54	1.96	0.74	0.62	1.96	253.35	99.27	0.34338
766	57570.9	-0.4	15.40	21.95	62.32	1.93	0.83	0.57	152.78	118.92	100.23	0.07337
767	57570.9	0.9	10.53	4.83	63.77	1.60	1.01	0.37	179.49	170.69	100.24	0.02778

768	57571.0	3.0	303.42	17.51	26.67	1.09	0.43	0.61	40.63	302.23	100.29	0.02343
769	57571.0	2.5	307.54	-1.22	44.55	7.08	0.14	0.98	57.28	317.20	100.30	0.00598
770	57571	2.1	0.27	44.50	53.61	2.37	0.95	0.60	107.77	146.12	100.32	0.00354
771	57571.9	4.7	85.48	78.27	29.22	3.54	0.81	0.77	43.05	121.52	101.20	0.00464
772	57574	1.1	3.49	23.88	52.98	0.90	0.78	0.13	137.70	358.77	103.18	0.01058
773	57574.9	-0.4	32.96	17.65	57.80	1.34	0.40	0.70	170.12	62.22	104.08	0.13302
774	57575.0	-0.8	315.92	-2.34	35.53	1.20	0.11	0.91	39.64	331.14	104.15	0.30793
775	57578.0	3.8	307.87	34.42	37.51	2.93	0.72	0.76	62.44	251.39	107.02	0.00268
776	57579.9	2.2	352.23	-2.74	54.66	1.19	0.24	0.79	178.41	315.82	108.86	0.00610
777	57580.0	3.3	327.07	22.48	32.80	0.86	0.28	0.68	64.77	323.02	108.89	0.00734
778	57582.8	2.5	265.33	-6.34	11.51	1.90	0.90	0.53	5.63	227.98	111.58	1.31092
779	57582.8	2.4	307.79	63.67	18.06	1.05	0.99	0.06	35.34	233.49	111.61	0.19171
780	57582.9	3.6	278.43	35.39	22.27	3.07	0.90	0.71	31.46	223.22	111.71	0.02541
781	57582.9	2.1	319.59	-29.49	39.61	6.90	0.19	0.97	30.36	130.89	291.72	0.04042
782	57583.0	2.5	327.10	-3.61	16.52	0.75	0.28	0.63	7.57	331.39	111.75	0.32596
783	57583.0	1.4	306.65	-0.90	30.77	2.02	0.33	0.84	24.36	299.15	111.75	0.07577
784	57583.9	-4.6	324.64	-24.73	31.76	1.30	0.17	0.87	19.70	142.36	292.64	39.94665
785	57584.0	3.1	334.42	61.44	43.34	5.06	1.02	0.80	76.31	183.00	112.73	0.00277
786	57584.8	2.6	349.84	19.99	15.65	0.63	0.21	0.67	20.23	349.72	113.50	0.64667
787	57585.0	2.8	293.83	-39.47	11.52	1.26	0.77	0.39	6.59	81.67	293.66	2.81868
788	57585.0	2.2	20.52	48.38	57.35	4.35	0.90	0.79	113.99	138.01	113.66	0.00254
789	57585.0	1.9	24.13	25.97	67.92	10.60	0.96	0.91	154.06	152.21	113.68	0.00196
790	57585.9	0.5	232.34	38.99	10.42	2.04	1.02	0.50	13.69	184.88	114.55	11.11000
791	57586.9	0.0	352.06	-12.65	58.24	5.75	0.20	0.97	152.12	129.54	295.51	0.05599
792	57587	1.4	45.59	37.87	63.80	-10.49	0.58	1.05	137.35	99.10	115.58	0.00480
793	57587.0	3.5	324.35	-6.98	23.39	0.90	0.22	0.75	8.69	325.00	115.60	0.03590
794	57587.0	2.7	323.90	-10.91	23.36	0.93	0.23	0.75	4.04	323.11	115.60	0.08080
795	57588.9	0.4	29.65	25.20	55.83	0.95	0.67	0.30	154.24	60.94	117.44	0.02640
796	57589.9	3.6	27.60	46.38	54.09	1.63	0.83	0.49	116.89	115.99	118.34	0.00135
797	57590.0	1.2	44.78	48.53	48.66	1.29	0.47	0.64	107.38	66.94	118.45	0.01405
798	57590.0	-0.8	36.95	-25.82	49.60	1.25	0.99	0.21	107.66	32.85	298.48	0.59727
799	57591.0	2.8	336.84	-16.53	16.45	0.78	0.30	0.61	5.13	148.07	299.43	0.31690
800	57591.0	1.5	28.10	26.87	57.22	1.05	0.84	0.20	151.24	87.87	119.43	0.00492
801	57591.9	2.5	298.50	-12.32	18.27	1.74	0.65	0.63	5.07	266.57	120.27	0.25831
802	57591.9	1.6	47.07	50.77	55.65	4.11	0.63	0.85	112.22	100.02	120.28	0.00788
803	57591.9	-1.5	5.69	35.97	58.50	2.34	0.95	0.60	124.58	215.49	120.30	0.07201
804	57592.9	4.7	18.29	68.37	37.73	1.32	0.87	0.34	74.04	116.01	121.20	0.00145

805	57592.9	4.4	298.39	63.03	34.62	17.89	1.00	0.94	55.62	192.52	121.26	0.00197
806	57593	1.7	337.59	-14.00	39.83	1.61	0.04	0.97	20.93	160.78	301.31	0.02654
807	57593.0	3.1	23.91	57.13	52.51	3.00	0.92	0.69	101.93	141.17	121.34	0.00140
808	57593.8	3.4	242.72	36.35	7.49	1.49	1.01	0.32	10.54	189.46	122.07	2.35345
809	57593.8	3.1	252.60	47.96	14.77	2.29	1.01	0.56	22.06	189.65	122.10	0.20718
810	57593.9	2.1	286.68	-23.65	12.06	1.66	0.84	0.50	0.40	62.08	302.13	2.21716
811	57593.9	4.6	234.55	23.91	9.19	2.16	1.01	0.53	9.68	187.34	122.15	0.44899
812	57593.9	3.6	295.16	10.14	21.93	2.58	0.70	0.73	20.48	254.31	122.21	0.03129
813	57594.0	4.0	265.57	18.80	14.64	3.17	0.95	0.70	15.27	212.14	122.23	0.13712
814	57595.9	2.8	66.43	73.36	37.75	1.97	0.72	0.63	66.71	104.62	124.07	0.01031
815	57595.9	-0.3	32.60	38.81	59.85	1.91	0.91	0.52	135.10	135.21	124.08	0.03542
816	57596.0	2.6	77.34	73.68	29.52	1.22	0.65	0.47	52.74	82.36	124.16	0.02852
817	57596.0	3.7	284.85	61.35	25.26	2.65	1.00	0.62	41.91	194.00	124.19	0.01619
818	57596.9	1.4	270.76	-20.92	11.63	2.44	0.92	0.62	0.81	220.30	125.00	4.63607
819	57596.9	1.7	39.56	62.58	50.09	3.09	0.83	0.73	95.11	123.99	125.05	0.00809
820	57596.9	3.8	39.88	62.68	45.45	1.61	0.77	0.52	90.08	106.87	125.05	0.00180
821	57596.9	5.3	331.63	-46.99	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	158.87	303.39	NaN
822	57597.0	1.9	279.12	49.45	25.52	7.90	0.98	0.88	37.76	203.45	125.08	0.07737
823	57597.0	1.3	33.38	7.12	62.59	1.43	1.01	0.30	168.87	13.91	305.12	0.00699
824	57597.0	-3.7	337.75	-17.11	36.08	1.59	0.11	0.93	19.90	148.57	305.14	6.63617
825	57598.0	2.2	329.98	4.52	23.94	0.95	0.26	0.72	19.18	320.03	126.04	0.08999
826	57598	1.2	4.75	43.28	52.14	1.61	0.91	0.44	109.72	229.27	126.08	0.00787
827	57598.9	2.3	340.34	-14.12	37.15	1.56	0.08	0.95	17.52	153.10	306.91	0.03859
828	57598.9	1.8	326.27	-32.39	38.53	-4.09	0.36	1.09	27.46	103.64	306.95	0.08126
829	57598.9	1.0	319.90	57.99	119.97	-0.08	0.98	13.34	95.87	194.86	126.95	0.00032
830	57598.9	1.3	338.24	86.11	37.58	10.45	0.96	0.91	61.34	151.34	126.95	0.03132
831	57599	3.8	233.76	68.16	13.78	1.47	1.00	0.32	23.36	161.27	127.04	0.19336
832	57599.0	2.7	6.18	64.26	30.00	0.87	0.72	0.18	64.13	16.20	127.06	0.01825
833	57599.9	1.5	43.98	47.20	58.26	2.60	0.80	0.69	124.00	118.61	127.93	0.00612
834	57599.9	1.5	31.45	55.81	55.44	3.64	0.94	0.74	108.62	146.14	127.93	0.00590
835	57599.9	3.1	250.40	45.23	13.13	2.14	1.01	0.53	19.25	187.63	127.94	0.38955
836	57600.0	1.1	340.29	7.24	34.88	1.05	0.10	0.91	43.40	334.24	127.96	0.05464
837	57600.8	2.6	186.85	-18.36	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	333.50	129.27	NaN
838	57600.9	4.7	158.82	-6.76	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	333.36	129.26	NaN
839	57601.0	-0.6	19.19	33.35	58.01	1.44	0.91	0.37	135.59	231.75	128.91	0.03320
840	57601.0	3.1	334.37	51.55	15.45	0.82	0.58	0.30	30.12	331.48	128.91	0.16468
841	57601.0	0.9	39.62	28.01	60.63	1.33	0.91	0.31	156.97	124.33	128.91	0.00957
842	57601.0	2.4	6.07	-38.94	52.91	-2.22	0.54	1.24	84.11	80.66	308.94	0.09485

843	57601.0	2.0	340.67	-15.82	38.39	2.11	0.10	0.95	21.68	148.33	308.96	0.02479
844	57601.0	2.9	341.30	-10.01	42.50	2.85	0.04	0.99	10.04	159.28	308.96	0.00618
845	57601.0	1.7	35.90	58.49	55.81	6.65	0.92	0.86	106.31	142.88	128.97	0.00409
846	57601.9	1.9	35.87	64.44	50.69	3.59	0.91	0.75	95.32	139.53	129.80	0.00632
847	57601.9	2.9	318.50	40.79	37.01	5.05	0.75	0.85	58.69	244.22	129.81	0.00596
848	57602.0	2.6	23.90	36.70	37.56	0.60	0.18	0.69	106.54	356.18	129.92	0.00864
849	57602.8	3.8	23.23	83.52	42.22	100.84	0.95	0.99	69.61	149.65	130.72	0.00205
850	57602.9	3.0	33.54	58.43	64.28	-1.76	0.97	1.55	111.93	158.32	130.80	0.00080
851	57602.9	1.9	35.63	56.69	56.61	5.24	0.94	0.82	109.64	147.33	130.82	0.00381
852	57603.0	2.8	341.81	13.99	45.41	2.52	0.15	0.94	78.81	319.29	130.82	0.00349
853	57603.0	4.0	255.17	79.08	26.87	2.62	0.99	0.62	44.70	159.41	130.82	0.00980
854	57603.0	3.7	297.09	-27.94	16.68	2.80	0.79	0.72	3.27	61.57	310.83	0.23945
855	57603	2.6	321.91	39.10	33.41	2.08	0.68	0.67	54.91	259.01	130.87	0.01248
856	57604.0	2.6	340.66	-6.97	27.18	1.01	0.18	0.82	1.81	325.57	131.83	0.04378
857	57604.9	0.2	43.19	57.50	56.32	4.85	0.90	0.81	109.55	138.36	132.73	0.01854
858	57605.0	1.6	40.34	52.27	56.53	2.46	0.92	0.63	116.49	139.05	132.74	0.00497
859	57605	3.8	314.23	-38.77	16.91	1.87	0.74	0.61	10.75	74.12	312.79	0.43123
860	57605.8	-0.1	36.69	57.73	57.11	7.17	0.96	0.87	109.46	152.33	133.53	0.04021
861	57605.9	3.8	300.18	-7.85	16.26	2.19	0.77	0.65	6.07	246.84	133.66	0.11817
862	57606.0	1.2	359.21	33.43	70.74	-0.86	0.75	1.87	123.07	233.21	133.72	0.00224
863	57606.0	4.3	284.43	68.33	26.89	2.83	1.01	0.64	44.94	184.51	133.72	0.00728
864	57606.9	2.0	74.96	44.82	54.78	2.35	0.37	0.84	121.92	66.75	134.61	0.00964
865	57606.9	0.9	348.13	-11.64	31.51	1.11	0.12	0.89	13.52	150.08	314.65	0.14272
866	57607.0	0.4	43.33	56.76	57.08	4.84	0.92	0.81	111.67	142.97	134.68	0.01317
867	57607	2.7	93.05	48.93	8.75	0.79	0.51	0.36	8.92	25.56	134.70	3.67657
868	57607.0	2.3	341.64	-0.41	36.72	1.66	0.10	0.94	19.74	329.44	134.71	0.01518
869	57607.8	2.8	43.00	62.22	55.05	7.44	0.93	0.87	103.48	145.44	135.47	0.00281
870	57607.9	3.8	290.21	21.04	17.82	2.91	0.88	0.70	19.68	227.77	135.56	0.05310
871	57608.0	-0.2	346.71	-22.80	38.57	3.77	0.20	0.95	35.21	131.16	315.69	0.24817
872	57608.0	-0.3	61.22	17.97	60.39	1.39	0.60	0.57	174.09	262.49	315.70	0.02678
873	57608.8	1.4	17.54	48.10	55.75	2.51	0.96	0.62	113.35	210.62	136.41	0.01029
874	57608.9	3.0	327.13	-0.15	28.53	2.11	0.36	0.83	14.71	294.47	136.47	0.02572
875	57608.9	-0.2	45.85	57.33	57.29	5.29	0.92	0.83	111.74	143.30	136.48	0.03608
876	57608.9	2.4	78.23	54.21	51.46	2.46	0.48	0.80	103.74	79.69	136.51	0.00706
877	57609.0	2.6	41.42	57.57	57.04	5.07	0.96	0.81	110.90	150.88	136.64	0.00161
878	57609.0	0.4	48.17	37.00	62.54	2.09	0.92	0.56	145.95	138.52	136.65	0.00919
879	57609.9	0.8	45.68	56.58	59.38	15.04	0.94	0.94	114.42	148.83	137.49	0.00966
880	57609.9	1.1	278.82	29.17	14.52	2.38	0.96	0.60	18.42	211.80	137.51	1.58972

881	57610.0	3.6	336.15	54.38	32.96	1.38	0.81	0.41	61.66	251.68	137.55	0.00489
882	57610.1	1.8	45.93	55.86	56.34	2.96	0.93	0.69	113.31	142.28	137.64	0.00333
883	57611.0	0.3	62.39	11.69	59.00	1.21	0.65	0.46	160.88	262.54	318.52	0.03219
884	57611.0	1.2	55.05	37.09	62.21	2.05	0.84	0.59	147.46	122.00	138.55	0.00470
885	57611.8	4.2	347.52	1.99	36.45	1.47	0.09	0.94	20.81	332.34	139.30	0.00607
886	57611.8	0.7	46.54	58.34	56.61	4.27	0.94	0.78	110.72	147.68	139.35	0.01563
887	57611.9	2.8	347.21	3.70	40.68	2.20	0.07	0.97	33.35	333.26	139.40	0.00664
888	57611.9	1.7	47.55	56.47	54.41	2.10	0.92	0.56	111.57	138.48	139.43	0.00563
889	57611.9	1.3	45.13	49.21	59.60	2.76	0.97	0.65	125.05	152.90	139.44	0.00600
890	57611.9	1.3	46.24	47.95	59.82	2.56	0.96	0.62	127.23	150.17	139.44	0.00571
891	57612.0	-0.4	46.42	57.25	56.79	3.73	0.95	0.75	112.30	147.81	139.47	0.02889
892	57612.0	2.4	40.93	-2.43	61.56	1.89	0.84	0.55	146.77	58.33	319.47	0.00339
893	57612.0	2.1	45.59	58.22	56.17	3.64	0.95	0.74	110.50	148.74	139.49	0.00278
894	57612.0	2.1	47.25	57.56	57.65	5.32	0.94	0.82	112.58	148.19	139.49	0.00265
895	57612	-2.0	46.84	57.51	57.44	4.83	0.95	0.80	112.45	148.48	139.49	0.11662
896	57612.0	2.9	49.37	55.85	49.63	1.23	0.82	0.33	108.10	104.59	139.50	0.00231
897	57612.0	3.6	349.72	65.10	50.08	-4.94	0.99	1.20	83.65	195.83	139.52	0.00096
898	57612.0	2.4	58.20	36.71	24.78	0.54	0.05	0.90	47.40	3.80	139.53	0.06166
899	57612.0	2.3	49.05	56.68	48.18	1.15	0.80	0.30	105.44	96.25	139.54	0.00384
900	57613.9	1.9	39.62	58.83	58.72	24.96	1.00	0.96	110.98	165.73	141.28	0.00410
901	57613.9	2.3	41.34	66.13	46.66	1.64	0.95	0.42	92.76	143.63	141.34	0.00570
902	57614.0	1.2	23.77	39.78	57.95	1.97	0.84	0.57	127.25	238.30	141.37	0.00554
903	57614.0	3.0	347.64	-0.99	34.12	1.46	0.12	0.92	9.57	327.08	141.40	0.01072
904	57614.0	0.3	49.91	56.47	54.47	2.03	0.92	0.55	112.28	138.62	141.40	0.01783
905	57614.0	2.2	350.54	-15.12	42.09	11.32	0.12	0.99	30.46	139.83	321.43	0.01484
906	57614.0	-0.8	50.89	-4.08	61.37	1.94	0.99	0.49	140.12	21.59	321.44	0.05772
907	57614.0	-1.3	50.76	-2.78	56.72	1.13	0.95	0.17	139.72	57.07	321.44	0.12391
908	57614.1	0.4	52.28	58.27	59.85	-1788.75	0.94	1.00	113.91	148.24	141.47	0.00996
909	57614.8	3.0	33.01	58.23	45.65	1.10	1.01	0.08	98.69	165.26	142.17	0.00498
910	57614.9	2.3	53.02	57.85	59.01	10.27	0.94	0.91	114.16	147.18	142.28	0.00257
911	57614.9	-0.7	44.97	40.74	60.22	1.69	1.01	0.40	138.35	169.70	142.29	0.04111
912	57615.0	2.7	21.24	49.85	52.43	1.67	0.91	0.46	109.61	227.40	142.37	0.00190
913	57615	2.7	294.24	39.86	5.95	1.09	0.95	0.13	9.73	240.64	142.38	12.05135
914	57615.0	1.7	50.77	59.70	57.21	6.05	0.95	0.84	110.42	149.22	142.38	0.00384
915	57615.0	1.7	51.82	59.25	58.46	11.89	0.94	0.92	111.92	149.29	142.38	0.00334
916	57617.0	0.6	54.27	57.09	52.79	1.63	0.90	0.45	110.96	130.56	144.27	0.01544
917	57617.0	2.8	315.33	0.18	16.97	1.84	0.72	0.61	8.73	256.86	144.28	0.23150
918	57617.9	-0.5	169.11	9.74	11.02	1.64	0.88	0.46	1.54	125.62	145.11	1851.15637

919	57618.0	-2.7	53.71	27.30	68.85	5.65	1.01	0.82	166.42	170.99	145.28	0.11633
920	57618.0	-4.0	54.47	24.50	62.87	1.44	1.00	0.30	170.74	161.08	145.28	0.58098
921	57618.0	-0.3	64.14	57.12	56.50	3.06	0.85	0.72	114.06	128.68	145.29	0.02527
922	57618.1	3.8	278.18	68.17	24.91	2.54	1.01	0.60	41.58	183.96	145.32	0.01872
923	57618.8	1.7	29.60	70.93	50.95	12.26	1.01	0.92	91.14	172.42	145.99	0.00788
924	57619.1	1.3	286.82	12.56	12.75	2.49	0.94	0.62	11.56	215.79	146.28	6.21480
925	57620.0	3.7	356.01	38.55	16.00	0.75	0.38	0.50	25.40	332.43	147.22	0.08710
926	57620.1	2.7	47.85	18.45	29.53	0.51	0.00	1.00	72.40	359.92	147.24	0.02263
927	57620.8	1.7	67.46	60.30	56.18	4.04	0.88	0.78	110.17	134.03	147.97	0.00796
928	57620.8	3.8	124.37	61.87	10.73	0.83	0.57	0.31	15.98	34.39	147.97	0.72642
929	57621.8	1.5	59.36	59.57	53.51	1.95	0.93	0.52	109.54	140.27	148.88	0.01323
930	57622.0	4.2	50.96	38.99	48.69	0.73	0.45	0.39	134.98	357.10	149.15	0.00066
931	57622.9	-3.4	65.35	38.47	64.95	3.14	0.92	0.71	149.56	141.14	149.96	0.57654
932	57622.9	2.3	354.83	69.20	42.33	3.27	0.98	0.70	75.69	202.06	149.98	0.00689
933	57622.9	0.4	50.73	48.05	59.20	1.98	1.01	0.49	128.68	176.31	149.99	0.01343
934	57623	1.1	45.32	45.74	62.64	3.85	1.00	0.74	132.16	193.33	150.07	0.00429
935	57623.0	0.0	54.82	18.23	57.31	0.91	0.76	0.17	177.43	136.21	330.10	0.02065
936	57623.1	3.0	47.62	58.37	62.99	-4.59	1.01	1.22	116.34	174.98	150.12	0.00070
937	57623.9	2.4	39.24	64.62	53.79	4.69	1.01	0.78	101.40	180.24	150.93	0.00286
938	57626.1	0.8	92.52	8.47	58.52	2.32	0.39	0.83	142.57	249.07	333.03	0.01401
939	57627.9	0.9	65.08	38.25	62.40	1.74	0.98	0.44	149.45	153.77	154.79	0.01112
940	57627.9	1.8	334.77	47.79	25.44	1.34	0.70	0.48	42.31	267.11	154.82	0.07690
941	57628.9	0.4	80.02	53.21	60.95	5.73	0.85	0.85	124.38	130.55	155.72	0.02234
942	57629	1.8	69.66	41.21	55.64	1.02	0.78	0.24	141.45	78.24	155.86	0.00413
943	57629.0	2.6	350.17	6.26	30.50	1.89	0.27	0.85	14.06	305.47	155.87	0.02343
944	57630.0	-0.2	60.23	48.44	56.46	1.34	1.01	0.25	128.68	172.78	156.86	0.02111
945	57632.0	4.2	268.58	66.93	22.80	2.40	1.01	0.58	37.74	180.63	158.73	0.01704
946	57632	0.3	61.00	24.59	61.57	1.26	0.93	0.26	172.76	232.40	158.76	0.01238
947	57632.8	4.1	332.12	11.76	23.27	2.90	0.62	0.79	16.04	262.74	159.54	0.01674
948	57632.9	3.8	333.51	-20.24	12.39	1.53	0.79	0.48	3.35	69.91	339.59	0.40318
949	57632.9	2.7	126.35	86.28	30.04	1.26	0.94	0.25	57.09	130.67	159.68	0.02291
950	57633.1	0.9	315.87	37.32	20.35	2.23	0.84	0.62	27.30	235.92	159.79	0.66260
951	57633.8	4.7	44.02	67.78	23.72	0.71	0.40	0.43	52.10	354.33	160.49	0.01077
952	57634.0	1.3	54.64	21.85	50.07	0.71	0.26	0.63	173.99	335.80	160.67	0.01178
953	57634.0	1.7	92.35	49.32	60.28	3.42	0.73	0.79	128.70	112.00	160.72	0.00375
954	57634.0	4.0	84.08	77.71	47.89	5.01	0.97	0.81	85.83	154.66	160.73	0.00097
955	57634.1	2.7	284.30	8.74	7.22	1.66	0.99	0.41	6.21	203.18	160.78	21.01142
956	57634.8	3.9	338.41	-22.64	18.21	2.47	0.72	0.71	6.94	71.36	341.47	0.12808
957	57634.8	2.5	347.76	-2.20	24.42	2.06	0.47	0.77	2.56	283.50	161.47	0.08890

958	57636.0	2.4	39.93	52.35	57.23	3.56	0.85	0.76	115.12	231.17	162.63	0.00177
959	57636.8	2.4	349.39	-4.07	25.71	2.60	0.47	0.82	0.44	281.09	163.41	0.07172
960	57636.9	3.9	320.73	39.64	23.55	3.00	0.82	0.73	31.50	236.51	163.54	0.01558
961	57637.0	0.8	246.59	76.38	32.47	6.71	1.00	0.85	52.28	167.00	163.58	0.11203
962	57637	3.4	282.70	81.70	37.40	12.71	1.01	0.92	61.30	176.48	163.61	0.00485
963	57637.8	2.8	327.43	1.82	15.30	2.08	0.79	0.62	6.40	244.72	164.37	0.31795
964	57637.9	3.8	342.01	-7.44	18.82	2.02	0.65	0.68	0.11	263.19	164.31	0.06090
965	57637.9	1.2	28.32	24.88	23.78	0.65	0.10	0.85	23.76	345.04	164.49	0.20507
966	57638.0	0.2	44.25	40.44	62.35	5.43	0.71	0.87	135.40	248.32	164.56	0.00987
967	57638.1	-0.2	93.91	36.58	65.68	5.08	0.73	0.86	154.24	114.16	164.64	0.01350
968	57638.1	3.7	3.29	-0.13	27.48	1.43	0.28	0.81	1.87	128.50	344.66	0.01695
969	57638.8	4.2	1.20	-1.32	29.97	2.07	0.29	0.86	2.33	122.74	345.34	0.01305
970	57638.8	2.3	285.42	84.81	34.22	2.54	1.01	0.60	59.80	173.97	165.35	0.01781
971	57638.9	3.5	264.78	22.14	10.34	2.51	1.01	0.60	11.34	185.77	165.47	1.02241
972	57639.0	4.0	21.80	64.61	28.79	0.84	0.55	0.35	60.23	319.58	165.51	0.00601
973	57639.0	3.3	84.72	29.53	56.73	0.92	0.61	0.34	166.78	55.83	165.54	0.00131
974	57639.9	1.3	309.73	-19.08	0.00	1.00	0.98	0.02	0.00	0.00	79.65	NaN
975	57640.0	2.2	47.63	43.41	63.24	10.75	0.78	0.93	133.18	238.44	166.49	0.00151
976	57640.0	-1.6	81.27	-8.10	55.93	1.52	1.00	0.34	122.08	344.64	346.54	0.23837
977	57640.0	3.7	8.96	74.68	39.43	2.09	0.96	0.54	72.16	209.90	166.57	0.00256
978	57640.1	2.3	337.99	-2.51	19.60	2.71	0.68	0.75	3.78	255.69	166.57	0.32842
979	57640.1	0.9	80.78	45.42	64.72	3.93	0.98	0.75	140.79	158.51	166.58	0.00436
980	57640.9	2.9	355.33	15.72	30.03	2.24	0.35	0.84	20.71	295.23	167.35	0.01672
981	57640.9	4.4	267.38	82.60	20.09	1.10	1.00	0.09	38.60	160.64	167.40	0.02298
982	57640.9	-1.5	58.53	12.11	62.42	2.01	0.62	0.69	163.36	86.27	347.41	0.09908
983	57640.9	3.0	355.98	9.66	29.28	2.33	0.35	0.85	12.89	294.79	167.43	0.01783
984	57641.0	0.7	16.11	0.95	41.20	3.12	0.07	0.98	20.45	151.37	347.51	0.04264
985	57641.1	-1.5	55.76	-34.39	48.64	-11.01	0.83	1.08	81.62	48.64	347.57	0.68429
986	57641.1	1.2	56.13	28.89	52.44	0.84	0.33	0.61	157.94	321.00	167.57	0.00742
987	57641.8	3.1	353.11	-6.69	22.36	2.06	0.53	0.74	2.67	95.86	348.29	0.07657
988	57641.9	3.8	6.68	2.87	25.27	1.25	0.30	0.76	0.02	129.14	349.49	0.01752
989	57641.9	4.3	118.34	71.08	23.05	0.76	0.45	0.40	47.58	23.28	168.41	0.01790
990	57642.0	0.9	348.20	43.77	30.27	1.96	0.60	0.70	44.79	269.42	168.42	0.08313
991	57642.0	-1.7	41.56	37.63	54.57	1.57	0.40	0.75	129.25	294.15	168.43	0.09374
992	57642.0	1.3	19.00	5.89	38.31	1.57	0.06	0.96	7.82	157.58	348.45	0.02991
993	57642.0	4.0	22.87	-6.04	17.03	0.82	0.34	0.59	11.34	142.33	348.46	0.07565
994	57642.0	2.2	357.58	69.67	39.39	2.88	0.90	0.69	69.18	221.78	168.51	0.01054
995	57642.8	3.7	266.16	57.31	19.98	3.01	1.01	0.67	30.96	181.32	169.21	0.03644

996	57643.0	2.3	260.82	70.34	24.60	2.40	1.01	0.58	41.05	175.21	169.40	0.08215
997	57643.1	2.7	347.79	54.22	38.03	7.42	0.74	0.90	59.46	244.14	169.52	0.00818
998	57643.8	2.2	140.90	51.35	52.70	-17.23	0.49	1.03	91.91	89.35	170.24	0.01592
999	57643.8	2.9	37.75	67.52	48.99	3.05	0.92	0.70	91.60	217.92	170.26	0.00248
1000	57643.9	2.4	48.02	20.79	46.63	0.81	0.08	0.90	168.32	340.82	170.34	0.00563
1001	57643.9	2.2	65.83	57.84	58.20	3.19	0.98	0.69	117.15	199.51	170.35	0.00236
1002	57644.0	-0.3	74.05	18.59	58.37	0.98	0.77	0.21	171.79	109.10	350.43	0.02519
1003	57645.0	0.8	66.60	21.11	59.22	1.13	0.62	0.45	178.78	103.37	351.32	0.01073
1004	57645.0	2.5	58.12	23.18	60.84	1.65	0.51	0.69	173.57	281.83	171.36	0.00164
1005	57645.0	4.3	304.52	71.50	26.22	1.98	0.98	0.50	45.24	201.84	171.36	0.00861
1006	57645.0	0.8	49.51	25.60	51.32	0.98	0.18	0.82	157.83	326.05	171.37	0.01321
1007	57645.0	1.5	97.64	37.08	57.30	1.11	0.61	0.45	150.51	74.03	171.39	0.00592
1008	57645.0	2.3	6.97	1.85	26.81	1.54	0.32	0.79	1.28	123.15	351.41	0.05441
1009	57645.1	2.0	2.38	-0.61	20.72	1.34	0.46	0.66	1.21	111.79	351.44	0.24743
1010	57645.8	3.9	303.45	39.31	18.67	3.98	0.94	0.76	24.21	211.52	172.13	0.03553
1011	57645.9	3.6	178.91	31.10	16.15	1.20	0.66	0.45	15.11	83.66	172.22	2.38410
1012	57645.9	4.3	284.09	64.22	21.27	2.14	1.00	0.53	35.26	192.52	172.27	0.01834
1013	57646.0	1.8	111.62	16.75	63.69	5.41	0.43	0.92	167.71	258.46	352.37	0.00569
1014	57646.0	1.7	113.39	11.30	60.33	3.05	0.34	0.89	153.24	246.49	352.37	0.01044
1015	57646.8	0.5	254.12	77.53	28.61	2.26	1.00	0.56	49.16	171.83	173.10	0.17802
1016	57647.0	1.3	60.59	52.87	58.07	2.51	0.87	0.65	121.39	228.67	173.32	0.00487
1017	57647.0	0.7	72.58	43.36	51.19	0.82	0.56	0.32	134.68	326.03	173.36	0.01426
1018	57647.1	2.5	100.27	37.28	59.91	1.39	0.70	0.50	151.08	94.39	173.40	0.00162
1019	57647.1	0.9	85.43	34.12	62.32	1.41	0.99	0.30	159.79	161.62	173.41	0.00522
1020	57652.0	2.0	63.17	23.82	67.20	37.00	0.60	0.98	174.56	258.68	178.17	0.00178
1021	57652.0	2.7	74.27	46.22	49.84	0.83	0.52	0.37	127.82	320.24	178.24	0.00225
1022	57652.7	3.7	9.24	64.99	37.28	2.04	0.76	0.63	65.58	248.79	178.94	0.00355
1023	57653.0	4.0	315.81	7.44	10.72	2.21	0.94	0.58	6.72	215.38	179.16	0.55973
1024	57653.0	4.6	267.75	77.25	27.05	1.96	1.00	0.49	47.15	180.80	179.17	0.00645
1025	57653.0	2.9	85.86	61.32	54.90	2.01	1.00	0.50	111.99	188.39	179.22	0.00143
1026	57653.7	4.8	275.74	62.55	16.92	1.67	1.00	0.40	28.69	187.17	179.90	0.02438
1027	57653.8	4.8	252.86	65.60	25.11	3.42	1.00	0.71	40.02	170.79	179.94	0.00608
1028	57653.9	-0.7	60.51	45.65	59.87	3.20	0.66	0.79	129.95	256.70	180.03	0.03859
1029	57653.9	3.5	65.85	76.07	42.68	1.62	0.97	0.40	82.35	207.61	180.11	0.00247
1030	57654.0	3.2	94.44	67.48	50.29	1.77	1.00	0.43	100.41	174.97	180.12	0.00187
1031	57654.0	1.6	16.10	2.04	29.26	1.90	0.30	0.84	5.92	122.46	0.13	0.06797
1032	57654.0	0.9	107.93	54.05	58.18	2.24	0.91	0.60	121.97	137.76	180.14	0.00922
1033	57654.0	2.6	17.39	10.29	20.79	1.04	0.35	0.66	2.46	309.16	180.20	0.10328
1034	57654.1	1.1	57.43	30.92	56.45	1.54	0.30	0.81	151.61	304.93	180.22	0.00580

1035	57655.0	2.2	233.11	68.84	28.70	3.45	0.98	0.72	46.40	159.83	181.10	0.06141
1036	57655.0	3.6	247.08	39.94	10.28	1.62	0.99	0.39	14.88	164.20	181.11	1.48132
1037	57655.0	2.7	115.19	62.37	57.60	7.75	0.94	0.88	109.26	149.37	181.13	0.00172
1038	57655.0	3.0	112.98	63.83	60.52	-6.68	0.96	1.14	110.10	157.52	181.13	0.00108
1039	57655.0	2.8	14.98	-9.93	26.88	2.38	0.45	0.81	15.15	103.85	1.14	0.04180
1040	57656.0	4.6	304.70	30.85	11.12	1.96	0.97	0.51	13.49	207.26	182.10	0.24368
1041	57656.1	2.1	73.57	55.88	59.69	4.30	0.90	0.79	120.28	219.73	182.23	0.00183
1042	57657.0	3.8	279.86	74.90	30.93	4.51	1.00	0.78	50.49	186.96	183.09	0.00802
1043	57657.1	3.1	301.55	58.98	20.75	2.49	0.97	0.61	32.50	204.29	183.20	0.10332
1044	57659.0	4.2	339.46	-7.38	10.58	1.84	0.89	0.52	0.36	228.29	185.06	0.62452
1045	57659.9	2.2	104.07	64.88	48.89	1.34	1.00	0.25	101.55	173.50	186.00	0.00541
1046	57660.9	3.6	58.93	77.14	27.63	0.88	0.66	0.24	56.99	316.73	186.92	0.01230
1047	57661.0	0.1	84.02	19.28	64.20	1.89	0.78	0.59	172.14	66.71	6.99	0.01488
1048	57661	1.2	34.45	2.89	32.28	1.37	0.17	0.88	20.08	141.16	7.03	0.06629
1049	57661.8	3.0	12.35	14.88	23.59	1.66	0.45	0.73	7.94	287.89	187.81	0.05122
1050	57662.0	4.4	17.67	13.98	26.41	1.67	0.36	0.79	6.69	297.64	187.97	0.00710
1051	57662.0	1.2	66.78	37.67	55.80	1.48	0.36	0.76	140.14	299.23	187.98	0.00665
1052	57662.0	1.3	66.73	37.88	60.79	3.32	0.47	0.86	143.23	278.06	187.98	0.00411
1053	57662.0	1.5	106.58	23.55	66.08	2.06	0.94	0.55	178.19	145.19	188.04	0.00324
1054	57662.1	3.1	52.91	17.49	53.56	2.92	0.05	0.98	171.18	156.45	8.10	0.00130
1055	57662.1	3.0	34.64	-4.70	29.16	1.37	0.28	0.80	24.68	129.05	8.12	0.02921