

Article

Орбиты и атмосферные траектории 6544 радиометеоров, зарегистрированных в Гиссарской астрономической обсерватории

Х.Ф. Худжаназаров *¹ , М. Нарзиев ¹ 

¹ Институт астрофизики Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, 734063, Таджикистан
habibjon_2012@mail.ru (Х.Х.), mirhusseyn_narzi@mail.ru (М.Н.)

* Correspondence: habibjon_2012@mail.ru; Tel.: +992 98 8550578 (Х.Х.)

Аннотация:

В данной работе представлены результаты радиолокационных наблюдений 6544 радиометеоров, проведенных в Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) в период с декабря 1969 г. по февраль 1970 г. Исследованы координаты радиантов, скоростей и их орбитальные параметры.

Наблюдаемые метеоры охватывают область неба с эклиптическими широтами от $+90^\circ$ до -23° и имеют звездную величину ярче $+5m$. Измеренные геоцентрические параметры включают экваториальные координаты радиантов и скорости, а гелиоцентрические параметры представлены Кеплеровыми элементами орбит.

Распределение эклиптических долгот Солнца выявило три отчетливых пика, соответствующих метеорным потокам Геминид, Квадрантид и спорадическим метеорам. Анализ данных с использованием D-критерия близости орбит Саутворта-Хоккина позволил идентифицировать 223 метеороида, принадлежащих потоку Геминид, со средней геоцентрической скоростью $V_g = 35.1 \pm 2.1$ км/с. Менее строгий критерий ($D = 0.20$) увеличил количество идентифицированных метеороидов до 400, со скоростью $V_g = 34.6 \pm 3.1$ км/с.

Распределение геоцентрических скоростей метеоров показало бимодальный характер, обусловленный влиянием гелиоцентрических скоростей и скорости Земли. Анализ гелиоцентрических орбит выявил 340 метеороидов с гиперболическими орбитами, часть которых может быть связана с погрешностями измерений.

Изучено распределение геоцентрических радиантов, выявлены концентрации, соответствующие основным метеорным потокам. Проведен анализ суточной и сезонной вариации численности метеоров, что позволило подтвердить наличие утреннего максимума потока спорадических метеоров.

Исследование орбитальных параметров показало, что большинство метеороидов имеют большие полуоси орбит ($a > 1.67$ а.е.), характерные для кометных тел. Распределение перигелийных расстояний продемонстрировало два максимума, соответствующих потокам Геминид и Квадрантид. Анализ эксцентриситетов выявил экспоненциальный рост числа орбит с увеличением e , с максимальной концентрацией в диапазоне 0.85-1. Распределение наклонов орбит оказалось неравномерным, с преобладанием метеоров на орбитах с малыми наклонами.

Полученные результаты расширяют представления о структуре метеорных потоков и распределении орбит метеороидов в межпланетном пространстве.

Ключевые слова: радиометеор, радиант, элементы орбит, атмосферные траектории.

Цитирование: Х.Ф. Худжаназаров, М. Нарзиев. Орбиты и атмосферные траектории 6544 радиометеоров, зарегистрированных в Гиссарской астрономической обсерватории. 2025, 2, 1, 3. <https://doi.org/>

Полученный: 10.01.2025

Исправленный: 18.01.2025

Принято: 25.01.2025

Опубликованный: 30.01.2025

Copyright: © 2025 by the authors.

Submitted to for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Orbits and Atmospheric Trajectories of 6544 Radiometeors Registered at the Hisar Astronomical Observatory

Habibdjon F. Khujanazarov *¹ , Mirhusen Narziev ¹ 

¹ Institute of Astrophysics of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, 734063, Tajikistan
habibjon_2012@mail.ru (H.Kh.), mirhusseyn_narzi@mail.ru (M.N.)

Abstract:

This work presents the results of radar observations of 6544 radiometeors conducted at the Hisar Astronomical Observatory (HisAO) between December 1969 and February 1970. The coordinates of radiants, velocities, and orbital parameters were analyzed.

The observed meteors cover a sky region with ecliptic latitudes ranging from $+90^\circ$ to -23° and have magnitudes brighter than $+5m$. The measured geocentric parameters include the equatorial coordinates of the radiants and velocities, while the heliocentric parameters are represented by Keplerian orbital elements.

The distribution of solar ecliptic longitudes revealed three distinct peaks corresponding to the meteor showers Geminids, Quadrantids, and sporadic meteors. Analysis using the Southworth–Hawkins D-criterion for orbital similarity identified 223 meteoroids belonging to the Geminid stream, with an average geocentric velocity of $V_g = 35.1 \pm 2.1$ km/s. A looser criterion ($D = 0.20$) increased the number of identified meteoroids to 400, with $V_g = 34.6 \pm 3.1$ km/s.

The distribution of geocentric velocities showed a bimodal pattern caused by the influence of heliocentric velocities and Earth's motion. Analysis of heliocentric orbits revealed 340 meteoroids with hyperbolic orbits, some of which may be attributed to measurement uncertainties.

The distribution of geocentric radiants showed concentrations corresponding to major meteor showers. Daily and seasonal variations in meteor counts were analyzed, confirming the presence of a morning maximum in sporadic meteor activity.

Analysis of orbital parameters indicated that most meteoroids have large semi-major axes ($a > 1.67$ AU), characteristic of cometary bodies. The distribution of perihelion distances showed two peaks corresponding to the Geminid and Quadrantid streams. The eccentricity distribution revealed an exponential increase in the number of orbits with increasing e , with a maximum concentration in the range 0.85–1. The inclination distribution was found to be uneven, with a predominance of meteors on low-inclination orbits.

The obtained results broaden our understanding of the structure of meteor streams and the distribution of meteoroid orbits in interplanetary space.

Keywords: radiometeor, radiant, orbital elements, atmospheric trajectories.

Введение

Следует отметить, что различные научные коллективы занимались систематической регистрацией метеоров, используя для этого множество методов наблюдения, включая традиционную и цифровую фотографию, радары, видео-телевизионное оборудование. Это происходило как в рамках постоянной работы, так и во время специальных наблюдательных кампаний.

Наблюдения метеоров, проводимые с помощью фотографических, телевизионных и видео методов, обычно ограничиваются ночным временем и предоставляют информацию только о ночных метеорах: потоках, ассоциациях и спорадических метеорах. Несмотря на то, что некоторые видеобазы данных [1,2] включают небольшое количество дневных метеоров, изучение дневных потоков проводилось на основе данных радиометеорных наблюдений. Известно, что радиометеорные наблюдения не подвержены влиянию специфических атмосферных условий или дневного и ночного времени. В недавнем обновлении базы данных орбит фотографических и видеометеоров Международного астрономического союза (IAU MDC) была включена выборка из 8916 радиометеоров, зарегистрированных в результате радиолокационных наблюдений, проведённых на Гиссарской астрономической обсерватории (г. Душанбе, Таджикистан). Эта радиометеорная выборка содержит не только координаты радиантов, скорости и орбитальные элементы, но также данные о высотах, линейной плотности электронов, звёздных величинах и массах метеороидов [3,4].

Материалы и методы В результате редукции данных радиолокационных наблюдений с четырёх пунктов в ГисАО измерены координаты радиантов и определены физические свойства 6544 радиометеоров, охватывающие период наблюдений с декабря 1969 г. по февраль

1970 г. Наблюдаемые метеоры относятся к метеорам ярче +5m, охватывают область неба с эклиптическими широтами от +90° до 23°.

Измеренные координаты радианта и угловые орбитальные элементы соответствуют эпохе J2000. Для расчета орбитальных элементов, получения геоцентрических координат Земли во время наблюдения за метеорами, нами использованы эфемериды планеты JPL 431 [5].

Радиометеорные измеренные данные, полученные ГисАО, содержат:

- геоцентрические параметры (геоцентрические экваториальные координаты радиантов и скорость),
- гелиоцентрические Кеплеровы описывающие элементы орбиты,

Результаты

Распределение эклиптических долгот Солнца полученных метеоров не является равномерным (рисунок 1). Видны несколько пробелов и три отчетливых пика. Первый пик - декабрьский максимум (справа) соответствует потоку Геминид (4/GEM). Второй максимум посередине, наблюдаемый в январе, связан с некоторыми дневными и ночными метеорными потоками, и спорадическими метеорами, а третий максимум наблюдается в феврале.

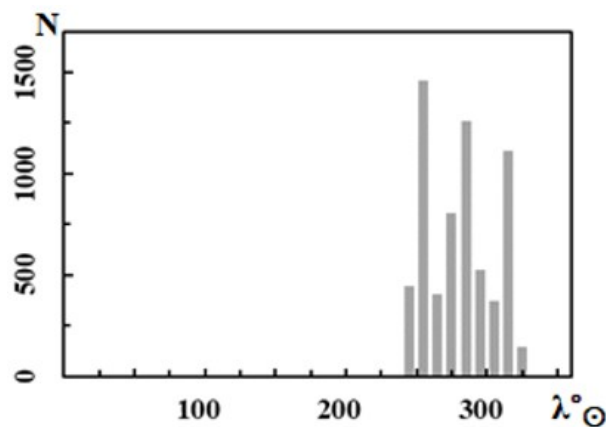


Рис. 1. Гистограммы распределения 6544 радиометеоров, наблюдаемых на ГисАО по эклиптической долготе Солнца при появлении метеора.

Fig. 1. Histograms of the distribution of 6,544 radio meteors observed at GissAO by the ecliptic longitude of the Sun at the time of the meteor's appearance.

Рисунок 2 показывает распределение метеоров по двум характеристикам - прямому восхождению и склонению в геоцентрической системе координат.

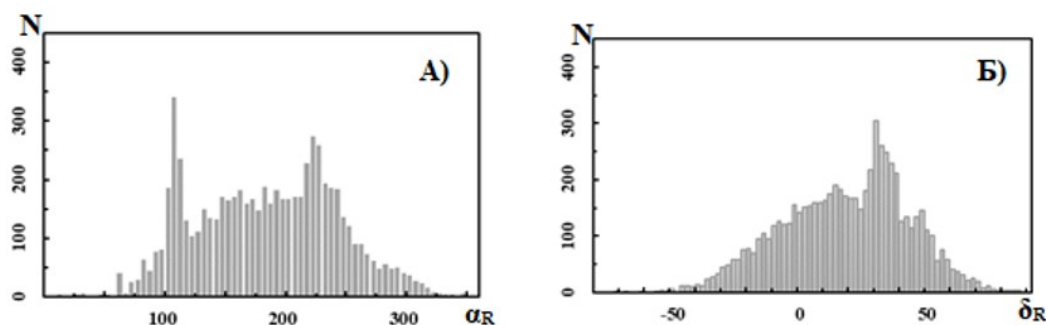


Рис. 2. Распределение метеоров по: А) Прямому восхождению – α_R (град.) Б) Склонению – δ_R (град.) в геоцентрической системе координат.

Fig. 2. Distribution of meteors by: A) Right Ascension – α_R (deg) B) Declination – δ_R (deg) in the geocentric coordinate system.

Используя итерационный метод отделения метеорного потока по аналогичному методу точки излома [6,7], но с фиксированным порогом орбитального подобия $D = 0.1$ (орбитальное

подобие) оценивается с помощью D -критерия Саутворта-Хокинса [8]. Мы обнаружили, что в выборке ГисАО относительно хорошо определённый поток *Геминид* состоит из 223 метеороидов. На рисунке 1 мы проиллюстрировали распределение геоцентрических скоростей наших *Геминид*. Среднее значение $V_g = 35.1 \pm 2.1$ км/с. Для менее ограничительного поиска, используя $D = 0.20$, мы нашли 400 *Геминид*, для которых $V_g = 34.6 \pm 3.1$ км/с. Эти результаты согласуются со скоростью *Геминид* 35 ± 2.8 км/с, приведённой в [9].

Гистограмма распределения геоцентрической скорости метеоров в ГисАО представлена на рисунке 2, и её характерное бимодальное распределение очевидно. Бимодальный характер этого распределения возникает из-за того, что значения геоцентрических скоростей представляют собой суперпозицию двух компонентов, гелиоцентрических орбитальных скоростей метеороида и скорости Земли.

На рисунке 3 показано распределение гелиоцентрической скорости метеороида. В правом хвосте этого распределения мы отметили, что 340 метеороидов двигались по гиперболическим гелиоцентрическим орбитам.

Некоторые из них на самом деле не являются гиперболическими. Гиперболическая орбита могла быть следствием неточности в измерениях, особенно из-за ошибки измерения геоцентрической скорости. По мнению С.К. Всехсвятского [10], минимальные пределы для уверенных гиперболических орбит могут иметь величину эксцентриситета $e = 1.35$, а меньшие значения эксцентриситета могут быть обусловлены ошибками измерений.

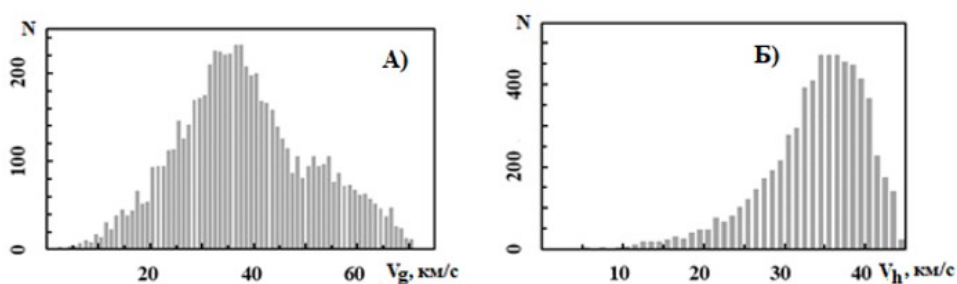


Рис. 3. Распределение А) геоцентрических и Б) гелиоцентрических скоростей метеороидов.

Распределения имеют различные свойства: первое имеет два максимума, последнее только один.

Fig. 3. Distribution of А) geocentric and Б) heliocentric velocities of meteoroids. The distributions have different properties: the former has two maxima, the latter has only one.

Распределение геоцентрических радиантов 6544 радиометров показано на рисунке 4. Справа на графике наблюдается компактная концентрация радиантов, связанная с потоком *Геминид*. Слева выделяется скопление радиантов *Квадрантид*, рядом с которым расположены малые потоки и ассоциации. Очевидно, что большинство радиантов расположено в северном полушарии. Помимо *Геминид* и *Квадрантид* видны и широкие скопления радиантов малых метеорных потоков и ассоциаций. Благодаря географическому местонахождению комплекса МИР-2 в ГисАО, много потоков и ассоциаций наряду со спорадическими метеорами были зарегистрированы и в южной небесной полусфере.

Изменения часового числа метеоров в течение трёх месяцев (декабрь, январь и февраль) для дневных и ночных метеоров показаны на рисунке 5. Из рисунка 5 видно, что максимумы, приходящиеся на 22-24 часа мирового времени, соответствуют 4-6 часам местного времени.

Минимальное число метеоров наблюдается в дневное время (с 4 до 14 часов мирового времени, а также с 10 до 20 часов местного времени). Анализ суточной кривой численности метеоров показывает, что имеется один ярко выраженный максимум, приходящийся на 5-6 часов утра (местного времени). Утренний максимум суточной вариации числа случаев появления ночного максимума спорадических слоев и численности слабых спорадических метеоров точно совпадают по времени. Вклад в ионизацию становится особенно заметным в ночное время, когда отсутствует ультрафиолетовая радиация Солнца. Действительно, число спорадических метеоров, входящих в атмосферу Земли, будет меняться от минимума в вечерние часы до максимума в ранние утренние часы. Если принять, что метеорные радианты равномерно распределены по небесной сфере, то каждый радиант спорадических метеоров

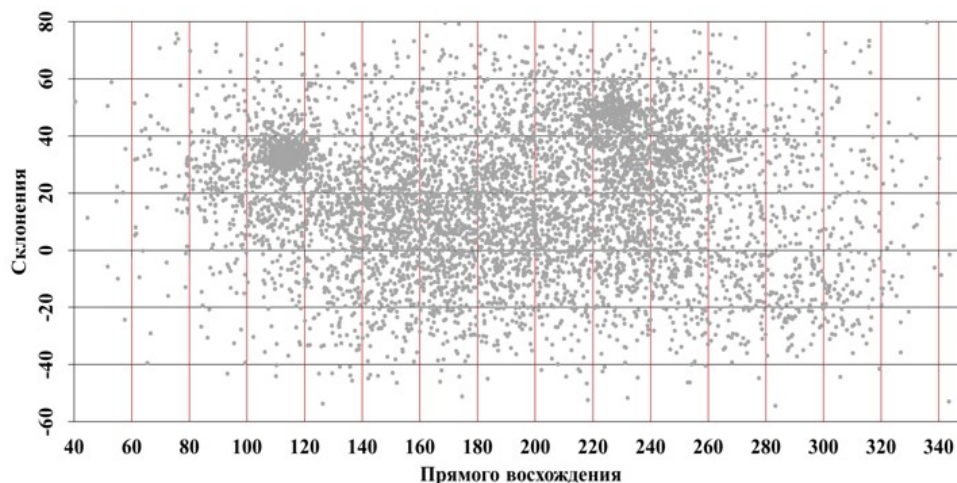


Рис. 4. Диаграмма распределения для геоцентрических радиантов 6544 метеоров, наблюдаемых в ГисАО. Приведено двухмерное распределение по экваториальным координатам.

Fig. 4. Distribution diagram for the geocentric radiant of 6544 meteors observed in the GisAO. A two-dimensional distribution of the equatorial coordinates is given.

должен давать одинаковое и постоянное число метеоров. Однако в связи с тем, что Земля движется вдоль своей орбиты со скоростью 30 км/с, мы будем наблюдать большее число спорадических метеоров, находясь на утренней стороне Земли (в апексной точке). Послеполуденные спорадические метеоры будут догонять Землю. Поэтому в период апексных наблюдений численность максимальна, а в период антиапексных наблюдений она минимальна [11].

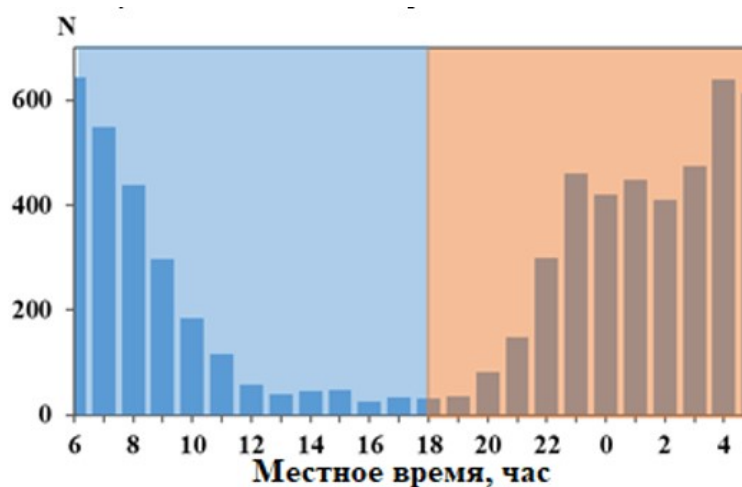


Рис. 5. Изменения часовых чисел метеоров с декабря по февраль.

Fig. 5. Changes in meteor hour numbers from December to February.

Распределение элементов орбит 6544 радиометеоров

В настоящее время существуют два широко распространённых метода измерения радиантов и скоростей метеоров, которые позволяют рассчитывать орбитальные параметры индивидуальных метеорных тел. Это оптический и радиолокационный методы. С 50-х годов прошлого века радиолокационный метод получил значительное развитие, и в настоящее время его широко используют для измерения радиантов и скоростей индивидуальных метеоров [12].

Что касается распределения метеорных тел в межпланетном пространстве, которые представляют опасность столкновения с Землёй и движутся по различным орбитам, их изучение является целесообразной целью. Наблюдения метеоров в атмосфере Земли свидетельствуют о том, что только те метеоры, чьи расстояния перигелия $q \leq 1$ а.е., афелия $Q \geq 1$ а.е., могут попасть в окрестности Земли [13]. Метеорные тела на таких расстояниях представляют угрозу для Земли.

Большинство метеоров сосредоточено при $1/a$ от 0 до 0.7, что соответствует большим полуосям орбит ($a > 1.67$ а.е.), характерным для тел, связанных с кометами. При увеличении $1/a$ численность метеоров уменьшается, поскольку объекты с меньшими полуосями ($a < 1.67$ а.е.) встречаются реже. В области $a < 0.56$ а.е. метеоры практически отсутствуют, что объясняется редкостью таких коротких орбит, характерных для астероидов. Значения $1/a \leq 0$ могут указывать на гиперболические траектории, но такие метеоры крайне редки. Рисунок 4 демонстрирует, что метеоры преимущественно имеют большие полуоси, а постепенное уменьшение численности отражает закономерное распределение орбит в Солнечной системе.

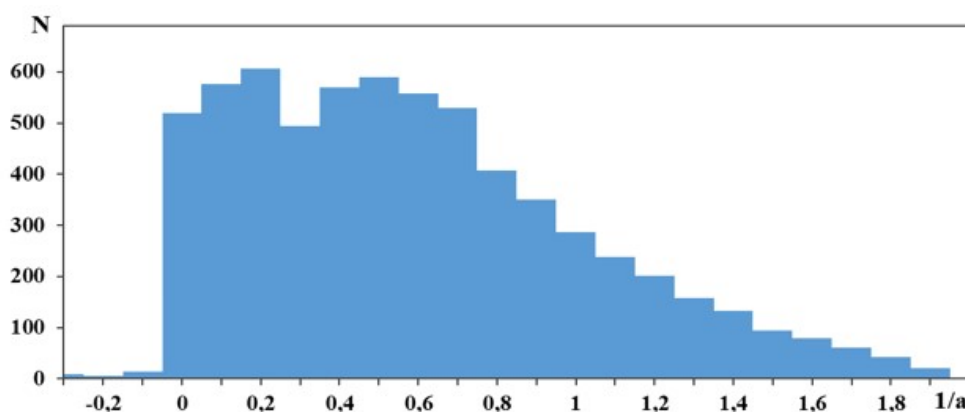


Рис. 6. Распределение больших полуосей орбит 6544 метеоров по радионаблюдениям в ГисАО.

Fig. 6. Distribution of the large semi-axes of the orbits of 6544 meteors according to radio observations in the GisAO.

Распределение перигелийных расстояний 6544 метеоров с яркостью больше +5 звёздной величины приведено на рисунке 1.8. Два максимума в распределении приходятся на интервалы от 0.10 до 0.14 и от 0.96 до 0.98 а.е. Первый максимум, расположенный в пределах от 0.10 до 0.14 а.е., связан с метеорным потоком Геминид, а второй - с потоком Квадрантид и другими группами метеороидов.

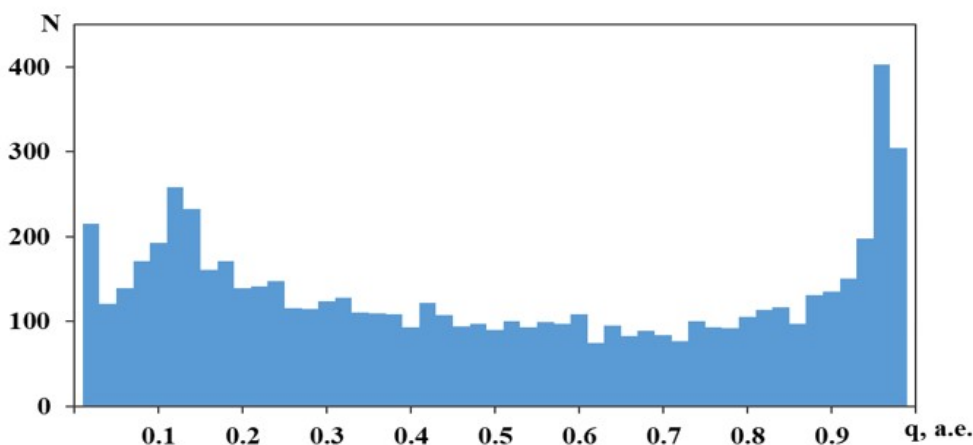


Рис. 7. Распределение перигелийных расстояний орбит 6544 метеоров по радионаблюдениям в ГисАО.

Fig. 7. Distribution of the perihelion distances of the orbits of 6544 meteors based on radio observations in the GisAO.

Независимо от метода регистрации метеоров, эксцентриситет орбиты характеризует её форму. На рисунке 8 показано распределение эксцентриситета орбит: с увеличением значения эксцентриситета от 0 до 1 число орбит экспоненциально возрастает. Согласно рисунку 8, прирост происходит почти экспоненциально. Максимальная концентрация орбит наблюдается в диапазоне от 0.85 до 1.

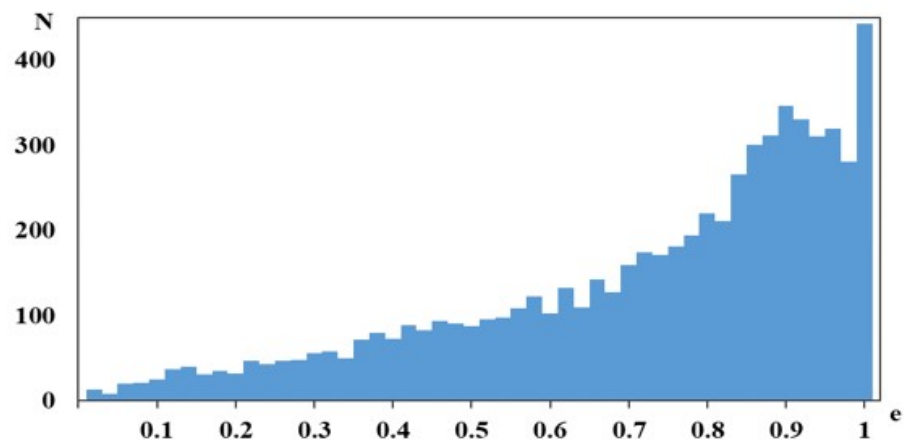


Рис. 8. Распределение эксцентриситетов орбит 6544 метеоров по радионаблюдениям в ГисАО.

Fig. 8. Distribution of the eccentricities of the orbits of 6544 meteors from radio observations in the GisAO.

Из рисунка 9 следует, что распределение наклонов орбит находится в пределах от 0° до 180° и не является равномерным. Максимум наблюдается при наклонах до 10° , тогда как в диапазоне от 85° до 100° число орбит существенно уменьшается. Радиолокационные наблюдения показывают, что большинство орбит метеоров с $|i| > 5^\circ$ имеют небольшие наклоны.

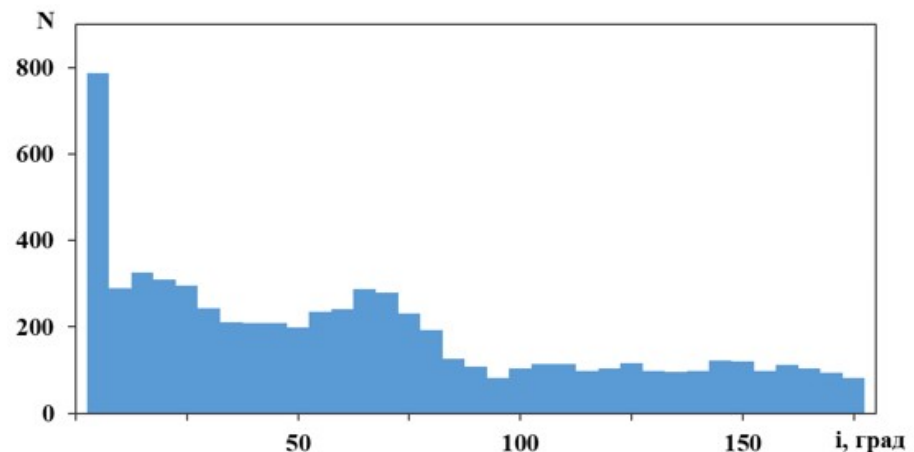


Рис. 9. Распределение наклонов орбит 6544 метеоров по радионаблюдениям в ГисАО.

Fig. 9. Distribution of the orbital inclinations of 6544 meteors based on radio observations in the GisAO.

Анализ орбитальных характеристик 6.5 тысяч метеорных тел, порождающих метеоры ярче $+5m$, показывает значительное их разнообразие орбит. Орбиты с $a < 1$ а.е. почти круговые. Некоторое количество орбит с низкими эксцентриситетами и большими наклонами орбит были выявлены. Большинство орбит все ещё относились к двум упомянутым типам кометных орбит. Ранее по результатам базичных радиолокационных наблюдений метеоров, проведённых в Джодрелл Бэнк [14] и Харькове [15], выявили третий основной тип орбит, характерный для метеоров слабее примерно $+5m$.

Закключение

1. Проведены измерения радиантов, скоростей и элементов орбит 6544 метеоров, зарегистрированных с четырёх пунктов в ГисАО с использованием пеленгационно-временного радиометода. Определены их атмосферные траектории.
2. Проанализированы результаты двумерного распределения радиантов, скоростей и элементов орбит метеоров, а также данные атмосферных траекторий радиометеоров ярче $+5$ звёздной величины.

3. Обнаружено, что в распределении геоцентрических скоростей 6544 радиометеоров наблюдаются два максимума. Первый максимум приходится на интервал 30–45 км/с, а второй – на диапазон 50–60 км/с.
4. Анализ орбитальных характеристик показал, что большинство тел имеют кометное происхождение, что подтверждается значениями большой полуоси ($a > 1.67$ а.е.). Преобладают орбиты с эксцентриситетами в диапазоне от 0 до 1, при этом их число экспоненциально возрастает с увеличением эксцентриситета. Наибольшая концентрация орбит наблюдается в интервале эксцентриситетов от 0.85 до 1.

Вклад авторов.

Концептуализация, Х.Х. и М.Н.; методология, М.Н.; программное обеспечение, не применимо; валидация, Х.Х. и М.Н.; формальный анализ, М.Н.; исследование, Х.Х. и М.Н.; ресурсы, Х.Х.; кураторство данных, Х.Х.; написание оригинального текста, М.Н.; написание и редактирование, Х.Х. и М.Н.; визуализация, М.Н.; руководство, Х.Х.; администрирование проекта, Х.Х.; привлечение финансирования, не применимо. Все авторы ознакомлены с опубликованной версией рукописи и согласны с ней.

Authors' contribution.

Conceptualization, H.Kh. and M.N.; methodology, M.N.; software, not applicable; validation, H.Kh. and M.N.; formal analysis, M.N.; investigation, H.Kh. and M.N.; resources, H.Kh.; data curation, H.Kh.; writing—original draft preparation, M.N.; writing—review and editing, H.Kh. and M.N.; visualization, M.N.; supervision, H.Kh.; project administration, H.Kh.; funding acquisition, not applicable. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Источник финансирования.

Это исследование не получало внешнего финансирования.

Funding source.

This study did not receive external funding.

Соответствие принципам этики.

Это исследование не требовало этического одобрения, так как оно не включало исследования с участием людей.

Ethics approval.

This study did not require ethical approval, as it did not include human studies.

Информированное согласие на публикацию.

Письменное информированное согласие было получено от всех участников исследования для публикации данной статьи.

Consent for publication.

Written informed consent was obtained from all the study participants for the publication of this article.

Заявление о доступности данных

Мы призываем всех авторов статей, опубликованных в журнале, делиться своими исследовательскими данными. Данные, поддерживающие результаты данного исследования, доступны по запросу у авторов. Если новые данные не были созданы или данные недоступны из-за конфиденциальности или этических ограничений, необходимо предоставить соответствующее заявление.

Data Availability Statement

We encourage all authors of articles published in the journal to share their research data. Data supporting the results of this study is available upon request from the authors. If no new data has been created or the data is unavailable due to confidentiality or ethical restrictions, an appropriate statement must be provided.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Институту астрофизики Национальной академии наук Таджикистана за предоставленные ресурсы и поддержку в проведении исследования. Также благодарим всех коллег и сотрудников Гиссарской астрономической обсерватории за помощь в сборе данных и техническую поддержку.

Acknowledgments

The authors would like to thank the Institute of Astrophysics of the National Academy of Sciences of Tajikistan for the resources and support provided in conducting the research. We would also like to thank all our colleagues and staff at the Gissar Astronomical Observatory for their help in data collection and technical support.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Сокращения

IAU MDC	Международное астрономическое объединение, база данных орбит метеоров
GisAO	Гиссарская астрономическая обсерватория
Vg	Геоцентрическая скорость
D	критерий – Критерий орбитального подобия Саутворта-Хокинса
AU	Астрономическая единица

Литература

- [1] SonotaCo. A meteor shower catalog based on video observations in 2007-2008 / SonotaCo // WGN, Journal of the International Meteor Organization. – 2009. – Vol. 37. – P. 55-62.
- [2] SonotaCo. Observation error propagation on video meteor orbit determination / SonotaCo // WGN, Journal of the International Meteor Organization. – 2016. – Vol. 44. – P. 42-45.
- [3] Narziev M. IAU MDC meteor orbits database - A sample of radio-meteor data from the Hissar Observatory / M. Narziev, R. P. Chebotarev, H. F. Khujanazarov [et al.] // Planetary and Space Science. – 2020. – Vol. 192. – P. 105008. – DOI 10.1016/j.pss.2020.105008.
- [4] Narziyev M, Chebotarev RP, Yopek TY, et al. Radiometeor data of the Gissar Observatory in the database of the CMD MAS. Polytech Vestn. 2020;3(51):18-21. In Russian: Нарзиев, М. Радиометеорные данные Гиссарской обсерватории в базе данных ЦМД МАС / М. Нарзиев, Р. П. Чеботарев, Т. Й. Йопек [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 3(51). – С. 18-21.
- [5] Park R.S. The JPL Planetary and Lunar Ephemerides DE440 and DE441 / R. S. Park, W. M. Folkner, J. G. Williams, D. H. Boggs // The Astronomical Journal. – 2021. – Vol. 161. – P. 105-119.
- [6] Neslušan L. A procedure of selection of meteors from major streams for determination of mean orbits / L. Neslušan, J. Svoren, V. Porubcan // Earth Moon Planets. – 1995. – Vol. 68. – P. 427-433.
- [7] Neslušan L. The method of selection of major-shower meteors revisited / L. Neslušan J. Svoren, V. Porubcan // Earth Moon Planets. – 2013. – Vol. 110. – P. 41-66.
- [8] Southworth R.B. Statistics of meteor streams / R.B. Southworth G. S. Hawkins // Smithsonian Contrib. Astrophys. – 1963. – Vol. 7. – P. 261-285.
- [9] Brown P.A. meteoroid stream survey using the Canadian Meteor Orbit Radar. I. Methodology and radiant catalogue / P. Brown, R. J. Weryk, D. K. Wong, J. Jones // Icarus. – 2008. – T. 195. – С. 317-339.
- [10] Vsekhsvyatskiy SK. Eruptive processes in the Galaxy and hyperbolic meteors. Probl Kosm Fiz. 1978;13:141-146. In Russian: Всехсвятский, С. К. Эруптивные процессы в Галактике и гиперболические метеоры / С. К. Всехсвятский // Проблемы космической физики. – 1978. – Т. 13. – С. 141-146.
- [11] Alimov OA. Meteor activity and layered structure of the sporadic E layer of the ionosphere. Dushanbe: Donish; 2015. p. 206. In Russian: Алимов, О. А. Метеорная активность и слоистая структура спорадического слоя Е, ионосферы / О. А. Алимов. – Душанбе: Дониш, 2015. – С. 206.
- [12] Lebedinyets VN. Dust in the upper atmosphere and space. Meteors. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1980. p. 246. In Russian: Лебединец, В. Н. Пыль в верхней атмосфере и космическом пространстве. Метеоры / В. Н. Лебединец. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – С. 246.

- [13] Kashcheev BL, Lebedinyets VN, Lagutin MF. Meteor phenomena in the Earth's atmosphere. Moscow: Nauka; 1967. p. 260. In Russian: Кашчев, Б. Л. Метеорные явления в атмосфере Земли / Б. Л. Кашчев, В. Н. Лебединец, М. Ф. Лагутин. – М.: Наука, 1967. – С. 260.
- [14] Davies J.G. Radio echo measurements of the orbit of faint sporadic meteors / J.G. Davies J.C. Gill // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1960. – Т. 121. - № 5. – С. 437-462.
- [15] Kashcheev BL, Lebedinyets BN. Radar studies of meteor phenomena. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences; 1961. In Russian: Кашчев, Б. Л. Радиолокационные исследования метеорных явлений / Б. Л. Кашчев, В. Н. Лебединец. – М.: Изд-во АН СССР, 1961.
- [16] Jopek T.J. The Smallest Solar System Bodies / T.J. Jopek P.M. Jenniskens // Meteoroids, Proceedings of the Meteoroids Conference. – 2011. – P. 1-13.
- [17] Jopek T.J. Proceedings of the Astronomical Conference held at A.M. University / T.J. Jopek, Z. Kañuchov 'a // Meteoroids 2013 / ред. T.J. Jopek F.J. M. Rietmeijer J. Watanabe I.P. Williams. – Pozna: 2014. – С. 353-364.

Отказ от ответственности/Примечание издателя: Заявления, мнения и данные, содержащиеся во всех публикациях, принадлежат исключительно отдельным лицам. Авторы и участники, а Журнал и редакторы. Журнал и редакторы не несут ответственности за любой ущерб, нанесенный людям или имуществу, возникшее в результате любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.

Disclaimer of liability/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications belong exclusively to individuals. The authors and participants, and the Journal and the editors. The journal and the editors are not responsible for any damage caused to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products mentioned in the content.