

Анализ динамических параметров метеорного комплекса Канкрид и его дрейфового движения

© М.В. Сергиенко,¹ Ю.А. Нефедьев,¹ А.О. Андреев^{1,2}

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008 Казань, Россия

² Казанский государственный энергетический университет,
420066 Казань, Россия
e-mail: star1955@mail.ru

Поступило в Редакцию 11 мая 2023 г.

В окончательной редакции 5 сентября 2023 г.

Принято к публикации 30 октября 2023 г.

Рассмотрен метеорный комплекс Канкриды и проанализированы его динамические параметры. Для каждой ветви комплекса определены радианты, их смещения и площади радиации. Изучены зависимости большой полуоси и эксцентриситета от звездной величины. Определены резонансы со стороны Юпитера для метеорного комплекса. Сделан вывод, что у ветвей комплекса различный эволюционный механизм возникновения.

Ключевые слова: метеорный поток, радианты, метеорный комплекс, резонансы.

DOI: 10.61011/JTF.2023.12.56820.f251-23

Исследованию астрофизических характеристик малых небесных тел в настоящее время придается особое значение, так как они содержат первозданное вещество Солнечной системы, что важно при построении эволюционной теории. Целью настоящей работы является определение динамических параметров метеорного потока Канкрид (МПК) и изучение его дрейфового движения [1] с использованием методов регрессионного моделирования. Метеорный комплекс Канкрид (МКК) представляет собой малый поток с двумя ветвями [2]. Это NCC — Северная ветвь МКК и SCC — Южная ветвь МКК. Обе ветви наблюдаются в течение января и имеют номера по перечню Центра метеорных данных 96 и 95 соответственно. Сведения о ветвях МКК на основе данных [3–7] приведены в табл. 1: скорость геоцентрическая V , [km/s], координаты радианта RA° и DE° , долгота Солнца L° , большая полуось орбиты a в а.у., эксцентриситет орбиты e .

Фотоорбит для МПК крайне мало, поэтому в исследованиях использовались радиолокационные и телевизионные наблюдения [4], а именно телекаталоги SonatoCo и CMN, где приведено достаточное количество орбит. Минимальная зарегистрированная магнитуда для МПК составила $+3.4^m$, погрешность определения геоцентрической скорости около 1.0 km/s.

На рис. 1 показано распределение координат радиантов RA° и DE° МПК в зависимости от долготы Солнца L° . Каталог SonatoCo: закрашенные кружки — радианты NCC, закрашенные треугольники — SCC. Каталог CMN: закрашенные звезды — радианты NCC, метка в виде крестика — SCC. Другие авторы (табл. 1): незакрашенные треугольники — SCC. В табл. 1 приведены координаты радианта на небе RA° и DE° и его ежесуточное положение, которое называется дрейфом радианта dRA , dDE . Дрейф радианта определяют для

того, чтобы более точно обозначить положение радианта внутри созвездия. Суточный дрейф радианта возникает из-за движения Земли внутри метеорного потока.

Суточный радиантный дрейф dRA , dDE для каждой ветви определялся по индивидуальным координатам RA_i и DE_i метеоров. Формулы для вычисления координат геоцентрических радиантов RA'_i и DE'_i ветвей МПК с учетом их суточных смещений:

$$RA'_i = RA_i - (L_i - L_0)dRA,$$

$$DE'_i = DE_i - (L_i - L_0)dDE,$$

где RA_i , DE_i — индивидуальные координаты радиантов метеоров, L_i — эклиптическая долгота Солнца на моменты регистраций метеоров, $L_0 = 298^\circ$, значения dRA , dDE найдены корреляционным анализом по рис. 1, они нанесены сплошной линией на рис. 1 с указанием названия ветвей метеорного потока — SCC и NCC. Параметры геоцентрических радиантов ветвей МПК RA'_i и DE'_i , значения их суточных смещений dRA , dDE , а также усредненные значения геоцентрических скоростей V_g для каждого из каталогов приведены в табл. 2.

Анализируя рис. 1, можно отметить, что ветви МКК NCC и SCC наблюдаются в одинаковые даты, по скоростям (табл. 1) есть согласие, радианты явно локализованы по склонению и прямому восхождению. Согласно всем используемым источникам, для NCC значения DE° более высокие, чем для SCC, а значения RA° , наоборот, более низкие. Координаты радиантов и их суточные вариации для каждой ветви определялись как по координатам отдельных радиантов, так и по координатам, усредненным до 1° солнечной долготы. Коэффициенты корреляции для значений прямых восхождений RA° и склонений DE° не превышают значений 0.2. Для изучения распределения радиантов и элементов орбиты

Таблица 1. Сведения о ветвях МПК

Поток		V , km/s	RA°	DE°	L°	a , au	e	Источники
Канкриды (МПК)	NCC	28.2	127.6	21.5	296.9	2.408	0.835	[5]
	SCC	27.9	117.5	16.1	287.1	2.298	0.399	[5]
	NCC	27.0	127.6	21.5	296.0	2.260	0.810	[6]
	NCC	29.9	131.4	17.6	299.0	–	–	[6]
	SCC	26.8	134.1	10.1	296.3	2.114	0.761	[7]
	SCC	28.7	131.5	10.6	298.0	–	–	[8]

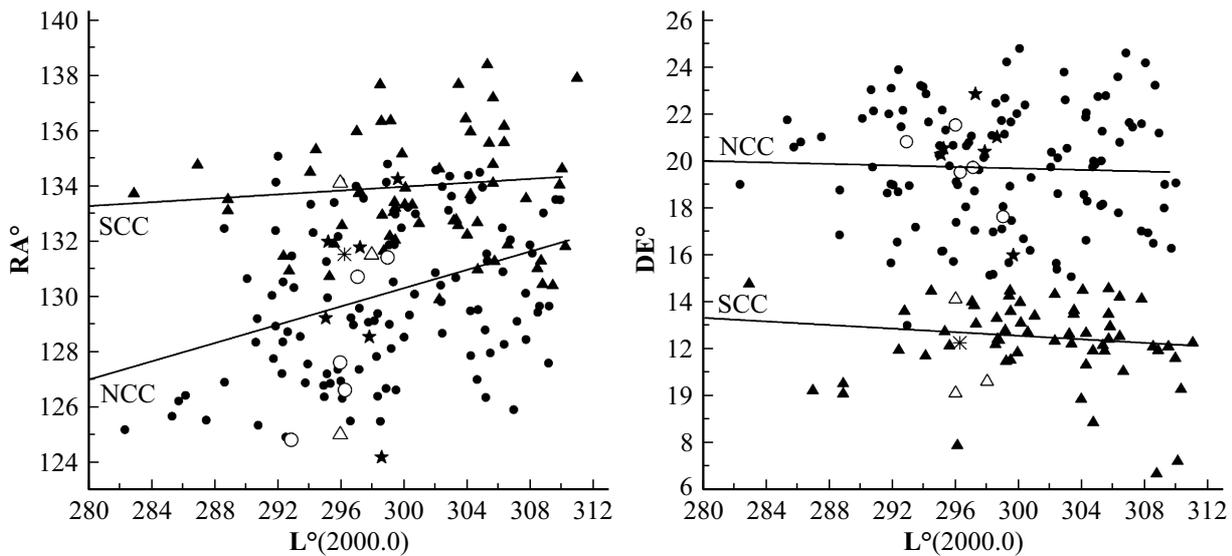


Рис. 1. Координаты радиантов МПК в зависимости от долготы Солнца.

Таблица 2. Сведения о скоростях и радиантах МПК, полученные авторами

МПК	V_g , km/s	V_h , km/s	RA°	DE°	dRA°	dDE°	S_r
NCC	27.10 ± 3.40	37.41 ± 1.31	129.80 ± 2.71	19.83 ± 2.70	0.170 ± 0.032	0.033 ± 0.031	$7 \times 6^\circ$
SCC	28.00 ± 3.10	36.80 ± 2.21	133.52 ± 2.10	12.31 ± 1.70	0.021 ± 0.040	-0.020 ± 0.041	$4 \times 3^\circ$

применялись методы робастного анализа. Применение робастного анализа используется для наблюдательной селекции с целью выборки и учета неравноточных наблюдений. В работе применяется метод робастного анализа по группировке наблюдательных данных. Данный метод, основанный на разбиении на интервалы, дает возможность уменьшить влияние неравноточных наблюдений с помощью специальной отсортировки или их исключения.

В результате получены следующие результаты (табл. 2). В таблице приведены данные: скорости V_g и V_h , [km/s], прямое восхождение RA° и склонение DE° и их суточные смещения dRA° и dDE° с указанием среднеквадратичных ошибок, площадь радиации S_r .

Данные, полученные авторами и приведенные в табл. 2, имеют хорошее согласие с данными табл. 1. Скорости имеют близкие значения, тогда как прямое восхождение и склонение различны, различается и пло-

щадь радиации. Вероятно, ветви МПК образовывались в различных условиях и в разное время. В случае SCC имеют место меньшие значения S_r и RA° , DE° , следовательно, нельзя исключать возникновение SCC в результате распада прародителя потока. Для южной ветви МПК суточный радиантный дрейф определяется более надежно, чем для северной, из-за наличия большей наблюдательной базы ее орбиты.

Для понимания того, как эволюционирует МПК, важно изучать распределение элементов орбит в зависимости от звездной величины (их массы), так как радиационные силы заставляют метеороид двигаться к Солнцу по траектории спирали и на скорость движения очень сильно влияет размер частицы, так называемый эффект Пойтинга-Робертсона (ПР). Для понимания действия эффекта ПР на частицы изучим зависимости больших полуосей и эксцентриситетов для МПК.

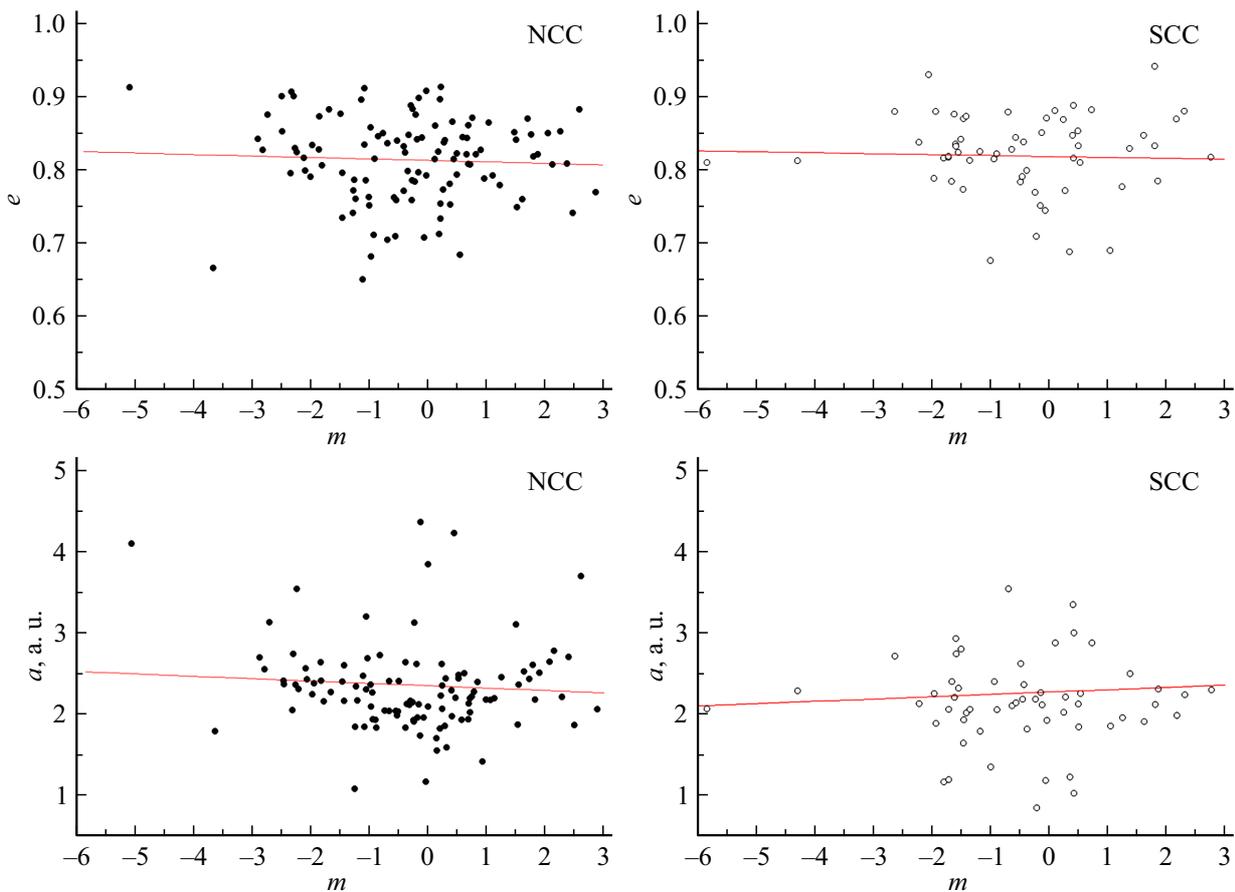


Рис. 2. Зависимость больших полуосей и эксцентриситетов МКК от звездной величины метеоров.

Более детально изучим изменения элементов орбит NCC по данным каталога SAMS, в котором приводятся индивидуальные ошибки параметров. Изучение зависимости больших полуосей и эксцентриситетов в диапазоне звездных величин от -4^m до $+4^m$ показало (рис. 2), что для северной ветви значения больших полуосей и эксцентриситетов в зависимости от звездной величины уменьшаются и изменение составляет примерно 0.22 au . Это уменьшение может быть вызвано влиянием негравитационных эффектов из-за значительного возраста потока. Для южной ветви такие изменения не зафиксированы. Геоцентрические скорости для обеих ветвей практически совпадают. Радианты каждой ветви распределены равномерно, субрадианты не обнаружены. На основе линейной аппроксимации в диапазоне звездных величин от -2^m до $+3^m$ для NCC изменения составляют: больших полуосей $\Delta a = 0.192 \text{ au}$, эксцентриситетов $\Delta e = 0.023$ (рис. 2).

Метеорный комплекс Канкрид имеет период обращения около 4 лет и подвергается сильным гравитационным возмущениям со стороны Юпитера. Южная ветвь расположена в зоне сильных резонансов 2:1 и 1:1. Получены радианты для МКК, которые согласуются с данными, полученными другими авторами [9]. Уточнены значения суточного хода радиантов, определены

площади радиации. Можно предположить, что южная и северная ветви МКК образовались в результате различных эволюционных процессов, например при вторичном распаде родительского тела [10].

Таким образом, в работе исследуются динамические параметры МКК и изучается его дрейфовое движение [1] с использованием методов регрессионного моделирования, и получены следующие результаты. Для каждой ветви МКК определены радианты, которые хорошо согласуются с результатами других авторов, их смещения и площади радиации. Изучены зависимости большой полуоси и эксцентриситета от звездной величины. Определены резонансы со стороны Юпитера для МКК. Сделан вывод, что у ветвей МКК существует различный эволюционный механизм возникновения.

Финансирование работы

Выполненные работы поддержаны Российским научным фондом, грант 22-72-10059.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] L. Neslušan, D. Tomko. *Icarus*, **392**, 115375 (2023).
DOI: 10.1016/j.icarus.2022.115375
- [2] T.J. Jopek, M. Hajduková, R. Rudawska, M. Koseki, G. Kokhirova, L. Neslušan. *New Astron. Rev.*, 101671 (2022).
DOI: 10.1016/j.newar.2022.101671
- [3] H. Chen, N. Rambaux, J. Vaubaillon. *Astron. Astrophys.*, **642**, L11 (2020).
DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039014>
- [4] M. Sokolova, M. Sergienko, Y. Nefedyev, A. Andreev, L. Nefediev. *Adv. Space Res.*, **62** (8), 2355 (2018).
DOI: 10.1016/j.asr.2017.11.020
- [5] Y. Shiba. WGN, *J. Intern. Meteor Organization*, **50** (2), 38–61 (2022).
- [6] Y.A. Nefedyev, M.V. Sergienko, A.O. Andreev. *Meteor. Planetary Sci.*, **56** (1), 6088 (2021).
- [7] S. Molau. WGN, *J. Intern. Meteor Organization*, **51** (1), 14–16 (2019).
- [8] G.O. Ryabova, D.J. Asher, M.D. Campbell-Brown. *Meteoroids: Sources of Meteors on Earth and Beyond* (Cambridge Planetary Science, Series Number **25** 2019).
- [9] М.В. Сергиенко, М.Г. Соколова, Ю.А. Неведьев, А.О. Андреев. *Астроном. журн.*, **97** (12), 1051 (2020). [M.V. Sergienko, M.G. Sokolova, Y.A. Nefedyev, A.O. Andreev. *Astron. Rep.*, **64**, 1087 (2020).
DOI: 10.1134/S1063772920120124]
- [10] A. Egal, P.G. Brown, J. Rendtel, M. Campbell-Brown, P. Wiegert. *Astron. Astrophys.*, **640**, A58 (2020).
DOI: 10.1051/0004-6361/202038115