

МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ РОДИТЕЛЬСКИХ ТЕЛ ДЛЯ МАЛЫХ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ

Сергиенко М.В., Соколова М.Г., Андреев А.О., Нефедьев Ю.А.

*Казанский федеральный университет, г. Казань, maria_sergienko@mail.ru***Аннотация.**

Эволюция орбит малых тел Солнечной системы под влиянием многих космогонических факторов приводит к образованию сложных по своей структуре метеороидных комплексов. Для определения генетических связей используют ряд критериев, основанных на определении постоянной Тиссерана или на D-критериях как функции расстояния между орбитами тел в 5-мерном фазовом пространстве элементов орбит. Проблема состоит, во-первых, какой из критериев выбрать для исследования, так как они могут быть неустойчивыми при разной геометрии орбит или давать неоднозначный результат, и, во-вторых, какое принять предельное максимальное значение критерия, ниже которого два тела предполагаются генетически связанными. В случае применения моделей предельные значения критериев напрямую зависят от скорости выброса фрагмента. Кроме того, сценарий последующей эволюции орбиты учитывает не все факторы и особенности, влияющие на рассеивание частиц в рое. Вследствие чего реальные значения D-критериев, полученные на основе наблюдательных данных орбит метеоров, отличаются от теоретических даже с учетом погрешности самих наблюдений. Сравнение теоретических и наблюдательных данных позволит для каждого метеорного потока более надежно определить предельные значения D-критериев и успешно применять их для генетического отождествления малых тел при решении различного рода задач. В настоящей работе на основе каталогов метеорных орбит метеоров был исследован ряд наиболее часто и давно применяемых D-критериев, и на основе данного исследования определены динамические параметры околоземных объектов (ОЗО, Near-Earth Objects).

Введение.

В настоящее время большой интерес вызывают Near-Earth Objects (NEO или ОЗО) – малые тела Солнечной системы, астероиды и кометы, имеющие вытянутые орбиты и перигелийное расстояние не более 1.3 а.е. При своём движении вокруг Солнца NEO периодически сближаются с Землёй, неся для нее угрозу столкновения. На сегодняшний день открыто более 15 тыс ОЗО и этот список пополняется [Sokolova et al., 2018]. Анализ современных орбит

NEO показывает, что большая их доля образована в главном поясе астероидов, который расположен между орбитами Марса и Юпитера [Sokolova et al., 2018]. В основном минералогический состав астероидов – это каменные или железокремнистые тела, не исключена возможность, что некоторые из NEO являются ядрами угасших комет семейства Юпитера. По данным MDC IAU примерно для 80 наблюдаемых в околоземном пространстве метеорных потоков не найдено родительское тело (РТ). Поиск связей потоков - сирот с астероидами проводят в группах Атоны, Аполлоны, Амуры, Атиры, пересекающих орбиту Земли. На основе статистического и робастного анализа ранее нами были выделены Аполлоны и Амуры как наиболее вероятные группы, которые могут содержать среди своих членов ядра спящих или угасших комет [Sokolova et al., 2018]. В настоящей работе изучены связи Атонов, Аполлонов, Амуров, Атиров с потоками-сиротами k-Цигниды, δ-Канкриды и Виргиниды. Исходная база астероидов составила 17800 орбит. Статистика для потоков следующая: k-Цигниды – 700, δ-Канкриды (ветви NCC, SCC) – 170, Виргиниды – 12 орбит.

Метод анализа.

Исследования проводились с применением D-критерия J.D. Drummond [Drummond, 1981] и метрики К.В. Холшевникова [Kholshchevnikov et al., 2016] как функций расстояния между орбитами, а также постоянной Тиссерана и двух квазистационарных параметров ограниченной задачи 3-х тел. Применение D-критериев заключается в определении расстояния между опорной орбитой и орбитой метеороида. Орбита представляется как точка в пятимерном фазовом пространстве элементов орбит: q – перигелийное расстояние; e – эксцентриситет; i – угол наклона плоскости орбиты к эклиптике; ω – аргумент перигелия; Ω – долгота восходящего узла. Два метеора считаются принадлежащими метеорному рою или комплексу, если значение D определено как функция расстояния и не превышает определенного порогового значения. Вероятность тождественности орбит астероида и метеороида определялась как полная вероятность наступления совместных событий при условии выполнения всех пяти критериев с заданной точностью. Критические значения критериев, при условии выполнения которых принималась или от-

клонялась нулевая гипотеза, определялись на основе нахождения средних орбит потоков внутри каждого каталога орбит с учетом их ошибок.

Результаты.

В результате с вероятностью выше, чем 0.6 получены следующие результаты. Со схожими орбитами для к-Цигнид выделены астероиды в группах Аполлоны 2001MG1, 2002LV (отмечены в работах других авторов) и Амуры 2002GJ8, 2012QH49, 2010QA5. Для δ-Канкрид выделены астероиды только в группе Аполлоны: северные NCC – 2212 Nephaisos 1978SB, 2014RS17, 2011SR12; южные SCC – 2015PC, 1991AQ, 2006BF56; для общего комплекса δ-Канкрид – 2006BF56, 2014RS17, 1991AQ, 2003RW11, 2001YB5. Для Виргинид также выделены только Аполлоны 2006UF17, 2008VL14, 2010VF. Астероиды в группах для каждого потока отождествлялись с вероятностью ниже, чем 0.2.

Анализ результатов.

Как видим, орбиты выделенных астероидов вытянутые, кометоподобные. Размеры астероидов 153311(2001 MG1) 385343(2002 LV) также характерны для ядер комет, а астероиды (2014 RS17) и (2006 BF56), имея небольшие размеры, возможно, уже являются продуктами разрушения более крупного тела. Для вновь открываемых астероидов надежно определяются элементы орбиты, но другие параметры, такие как таксономический индекс (ТТ) и диаметр (D) определены менее надежно или неизвестны. Диаметры определены косвенно с помощью абсолютной звездной величины (H) и геометрического альbedo (p) с большим разбросом значений.

Заключение.

В данной работе поиск родительских тел для потоков к-Цигниды и δ-Канкриды выполнен на большом статистическом материале телевизионных и фотографических каталогов метеорных орбит с привлечением нового D-критерия Холшевникова, метрика близости орбит которого учитывает их эволюционные воз-

мущения со временем. Достоверность полученных нами результатов подтверждается исследованиями других авторов и, в то же время, позволяет уменьшить число претендентов родительских тел потоков-сирот: для к-Цигнид – астероиды 53311(2001 MG1), 385343(2002 LV), для δ-Канкрид – (2014 RS17), (2006 BF56). Установление астероидов, генетически связанных с метеорными потоками, выделяет те астероиды, наблюдение и изучение которых необходимо с целью уточнения их динамических и химико-физических параметров с точки зрения оценки опасности для Земли и проектирования методов ее защиты от NEO.

Благодарности. Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров, а также поддержана Российским научным фондом, грант № 19-72-00033, Российским фондом фундаментальных исследований (проект 19-32-90024 Аспиранты), стипендией Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Drummond J.D. A test of comet and meteor shower associations // Icarus. 1981. V. 45(3). P. 545–553.
2. Kholshchevnikov K.V., Kokhirova G.I., Babadzhanov P.B., Khamroev U.H. Metrics in the space of orbits and their application to searching for celestial objects of common origin // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2016. V. 462(2). P. 2275–2283.
3. Sokolova M., Sergienko M., Nefediev Y., Andreev A., Nefediev L. Genetic analysis of parameters of near earth asteroids for determining parent bodies of meteoroid streams // Advances in Space Research. 2018. V. 62(8). P. 2355–2363.