

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Сергиенко Марии Викторовны
на тему: «Создание системы генетических связей метеорных потоков и их родительских
тел с использованием синтетического метода»
по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Если заменить биологический термин «генетические» и химический термин «синтетический» на более подходящие физико-математические термины, то становится понятно, что диссертация Сергиенко Марии Викторовны посвящена поиску эволюционно-динамических связей метеорных потоков и их родительских тел с помощью многопараметрического метода. Следует сразу отметить, что выбранная тема весьма актуальна, так как массовые исследования малых тел, включая метеороидные, позволяют получить более полные сведения об эволюции Солнечной системы.

Диссертационная работа Сергиенко М.В. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Полный текст диссертации на 218 страницах включает 55 рисунков, 72 таблицы и приложение. В список литературы включены 185 публикаций.

Во **введении** (в основном повторяющем автореферат) описывается научная проблема, обосновываются актуальность выбранной темы, новизна и научная значимость, достоверность, апробация, личный вклад соискателя и приводятся основные публикации по теме диссертации. Здесь же кратко излагается содержание работы и приводятся основные результаты.

Первая глава диссертации посвящена анализу современного состояния в области изучения малых небесных тел. Здесь кратко описаны методы изучения АСЗ по их динамическим и физико-химическим параметрам и сформулированы основные выводы по исследованиям в данном направлении. Сделан вывод, что в мировой практике в основном изучаются метеорные потоки с высокой активностью, тогда как малые потоки исследуются недостаточно. Поэтому актуально изучать малые метеорные потоки, которые имеют низкую активность и мало обеспечены наблюдательным материалом в контексте их связи с околоземными астероидами, которые могут содержать ядра потухших комет. Проанализированы АСЗ по физико-химическим характеристикам и сделан вывод, что поиск родительских тел для малых метеорных потоков будет вестись в группах Аполлоны и Амуры.

Во **второй главе** рассматривается созданный многопараметрический (синтетический) метод для определения эволюционных связей малых тел. Обосновывается

выбор различных критериев, объединенных автором работы в единую систему. Рассматривается актуальность и практическая значимость разработанного метода. Приведены данные о проверке критериев на устойчивость к геометрии орбит и ошибкам методов наблюдений. Сделан и обоснован вывод, что отсутствует единый метод определения пороговых значений для критериев эволюционной общности, относительно которых можно выявить связь двух малых тел друг с другом, а также отсутствует единый метод отождествления родительского тела для потока.

Третья глава посвящена исследованию связанных малых тел и разработке автоматизированного программного комплекса, используемого в диссертационном исследовании. В тексте главы поясняется обозначенная во введении и второй главе проблема отсутствия единой методики в выборе значения порога для существующих критериев эволюционной общности, а также проблема отбора кандидатов, которые можно связать с малым телом. Рассматривается разработанный автором способ определения критических значений критериев многопараметрического метода, который применяется в предлагаемом способе отбора кандидатов в родительские тела. Показано, что каждому отождествленному с потоком астероиду присваивается определенный фактор P , исходя из его попадания в интервал согласно критическому значению каждого из критериев и определяется результирующий фактор P , по которому и оценивается эволюционная общность астероида и метеорного потока. Также приводятся основные результаты применения многопараметрического метода, метода определения пороговых значений критериев и независимого способа отбора кандидатов в родительские тела для изучения эволюционной общности пяти метеорных потоков с АСЗ.

В четвертой главе проведен анализ применения созданного многопараметрического метода для исследования малых метеорных потоков δ-Канкриды, Андромедиды, h-Виргиниды, κ-Цигниды и ρ-Геминиды. Приводятся возможные родительские астероиды, которые отождествлены с рассматриваемыми метеорными потоками по методам, описанным в третьей главе. В группах родительских тел проанализированы и обоснованы связи между родственными потоками астероидами. Показано, что связи астероидов, образующих группу родительских тел для исследуемых метеорных потоков, проверены на достоверность согласно критериям Ашера и Саутворта-Хоккинса, которые не входят в многопараметрический метод. Приводится исследование структурных характеристик для метеорного комплекса δ-Канкриды. А именно, построены распределения по численности для метеорного потока, распределение по массам в потоке, распределение по функции светимости. Сделан вывод о долготе узла вероятного родительского тела для δ-Канкрид. Сделан вывод, что минимум кривой зависимости по

массе в потоке совпадает с максимумом по численности в потоке. Долготы узлов отождествленных с потоком астероидов нанесены на построенные кривые распределений зависимости численности метеороидов в потоке, на кривую распределения по массе в потоке и на распределение по функции светимости.

В **заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы, предложения для дальнейших исследований и практическое применение полученных результатов. Подчеркивается актуальность в применении созданного многопараметрического (синтетического) метода, алгоритма определения пороговых значений критериев и независимого способа отбора из числа малых тел кандидатов для поиска взаимосвязей.

Приложение содержит научные материалы, графики и таблицы по результатам отождествления родительских тел метеорных потоков.

Все результаты диссертации являются новыми, опубликованы в 9 статьях в научных журналах, рекомендуемых ВАК. Кроме того, по теме исследования имеется еще 10 других научных публикаций.

Научная значимость работы заключается в развитии теории малых тел Солнечной системы, в частности, определения эволюционных динамических связей между малыми метеорными потоками и их возможными родительскими телами.

Новизна исследования заключается в создании многопараметрического метода поиска связей околоземных объектов на основе критериев подобия орбит Драммонда, метрики Холшевникова и квазистационарных параметров μ и v , параметра Тиссерана T , и долготы перигелия π . Автор впервые разработал алгоритм нахождения пороговых значений для всех критериев, используемых в рассматриваемом методе, и применил независимый способ отбора кандидатов в родительские тела. Автором произведен анализ стохастических связей малых метеорных комплексов δ -Канкриды, k -Цигниды, h -Виргиниды, Андромедиды и ρ -Геминиды с отождествленными АСЗ на основе многопараметрического метода. В работе впервые произведена проверка эволюционных взаимосвязей АСЗ, составляющих группу родительских тел исследуемых метеорных потоков. Впервые построены и проанализированы структурные параметры метеорного потока δ -Канкриды и приводятся новые данные по величине его среднегодовой максимальной активности, а также сделан вывод о долготе узла родительского тела, связанного с потоком.

Достоверность результатов, полученных автором, обоснована их хорошим согласием с результатами других ведущих специалистов.

Практическая и научная значимость работы подтверждается: 1) созданным многопараметрическим методом поиска связанных малых тел по определению их

эволюционных связей; 2) разработанным алгоритмом нахождения пороговых значений критериев связей малых тел, который может в дальнейшем использоваться для нахождения эволюционных связей МНТ; 3) независимым способом отбора кандидатов в родительские тела на основе интервальной оценки при помощи среднеквадратичного отклонения, что позволило получить более вероятные эволюционные связи для метеорных потоков.

Автореферат полностью отражает содержание и структуру диссертации. Автореферат содержит краткое изложение результатов диссертации, основные выводы и результаты проведенного исследования, описание его актуальности и степени новизны.

Текст диссертации производит хорошее впечатление, написан понятным языком, и хорошо структурирован, но в разной степени отредактирован и не избавлен от некоторых недостатков, перечисленных ниже.

1. Как выше уже отмечено, один из таких недостатков – это неоднократное использование в тексте чисто биологического термина «генетические» (связи) вместо общепринятого физического термина «эволюционно-динамические» или просто «динамические». Идея использования такого биологического термина в кометной астрономии не нова и принадлежит не соискателю, который, вероятно, просто стремился в плане терминологии не отстать от некоторых других. По моему мнению, это пример неудачной попытки «обновить» или «углубить» известные астрономические понятия, что ведет к искажению их смысла.
2. Конец 5-й стр. и начало 6-й: «При выполнении...» – слишком длинное и синтаксически некорректное предложение, в котором теряется основная мысль.
3. Конец стр. 9, пункт 10: не сказано для каких объектов «...уточнены значения суточного смещения радиантов».
4. Стр. 12, пункт 1: в словосочетании «...метод анализа малых небесных тел...» после слова «анализа» отсутствует слово «орбит».
5. На стр. 18: «....при этом недостаточно изучены малые потоки с низкой наблюдаемой активностью» – не дается объяснение, что такое малые потоки.
6. Стр. 23: «Необходимо отметить, что метеорные потоки, связанные с АСЗ, должны пересекать орбиту Земли примерно такое же количество раз, как и связанные с ними АСЗ». Необходима ссылка на соответствующую публикацию.
7. Стр. 46, начало страницы: «Обнинский...» – стилистически несогласованное предложение.
8. На стр. 50 говорится: «Комета распалась в 1842,1843 годах и продолжила распадаться в 1846,1852 годах» не указана ссылка на статью.

9. На стр. 52 приводится фраза «... что эквивалентно $D \approx 0.16$ км. Если объект более маленький в диаметре, то земная атмосфера его разрушит». Следует уточнить, что возможно неполное разрушение даже маленького объекта, как пример – Челябинский метеорит 2013 года.
10. Стр. 65: на графике Рис. 1.6 б на оси абсцисс приведена некорректная оцифровка.
11. Стр. 65: в предложении «Анализируя графики для Аполлонов и Атиров, можно отметить, что в группах существуют вытянутые орбиты с $0.6 \leq e \geq 0.8$, характерные для комет» – а) желательно сослаться на соответствующие работы по орбитам комет; б) выбрана неверная ориентация у правого знака неравенства.
12. Стр. 75, сверху: в предложении «Почти все выбранные потоки...» слова «размеру и форме» перепутаны местами.
13. Стр. 80: «Проанализировав все метрики, и обсудив результат с автором метрик, сделан вывод, что для наших исследований наиболее применима метрика ρR_3 , заданная в трехмерном фактор-пространстве.» – желательны пояснения, почему для данной диссертационной работы не подошли метрики ρR_1 и ρR_2 .
14. На стр. 94 автор пишет: «Результаты поиска близких орбит метеорных потоков и астероидов, полученные в [151], даже для главных потоков не всегда совпадали с опубликованными данными других авторов» – непонятно, какая была величина этих отличий и по каким параметрам.
15. Начало стр. 96: в предложении «Решение задачи поиска малых тел, имеющих схожие орбиты, является принципиальным моментом в установлении их родственных связей» – после слова «орбиты» следует добавить пропущенные слова «с метеорными потоками».
16. Стр. 115, Табл. 4.3, 1-я колонка: указан номер астероида 153311 вместо 53311.
17. На стр. 117, рис. 4.1: в предложении «Согласно примененному...» указаны другие цвета колонок и числа отождествленных астероидов в каталогах, чем на рисунке 4.1. Следовало бы также добавить в подписи к рисунку количества отождествленных астероидов по каждому из каталогов.
18. Стр. 119, таблица 4.8: в столбце «данные других источников» не приведена ссылка на работу, с которой проводится сравнение.
19. Стр. 124: «Астероиды Hephaestos 1978 SB и 85182 (1991 AQ) большого диаметра, но по значению альбедо являются астероидами» – желательно привести значения альбедо для объектов и дать ссылки на соответствующие работы.

20. Стр. 168: «Если метеорный поток молодой, то максимум ZHR совпадает, или почти совпадает с узлом Ω РТ» – следует пояснить эту фразу и дать ссылку на первоисточник.
21. Стр. 182: «Период обращения метеороидов комплекса δ-Канкрид около 4 лет» – не указана ссылка на публикацию.
22. На стр. 183 приведены оценки возраста метеорного потока δ-Канкрид. Желательно провести сравнение с результатами других работ на эту тему.

К сожалению, есть недоработка, на которой следует остановиться подробнее. На странице 157 диссертации соискателем проделаны расчеты по формуле известного астронома Уиппла Ф.Л. (кстати, на русском языке его фамилия пишется с двумя «п») [47] скоростей метеороидов (с радиусами 1 и 10 мм), выбрасываемых ядром кометы (при значениях радиуса последнего 2 и 4 км), находящемся на гелиоцентрическом расстоянии 1 а. е. Приведенные в результате значения скоростей метеороидов указанных размеров – соответственно 86 км/с и 8 км/с (при меньшем радиусе ядра) и 171 км/с и 17 км/с (при большем радиусе ядра) – являются нереально высокими и поэтому ошибочны. Рассчитанные мной для контроля те же величины по той же формуле оказались примерно на три порядка меньше.

Еще имеется ряд незначительных замечаний по тексту диссертации, часть которых приведена ниже:

1. Стр. 23, начало 2-го абзаца: в предложении «Была проведена проверка...» в двух местах отсутствует двоеточие перед перечислениями параметров.
2. Стр. 50: «Было высказано предположение, что сильная активность потока была связана с распадом кометы и метеорный поток был порожден ее обломками» не хватает запятой после союза «и».
3. Стр. 60: «Анализируя распределение по диаметрам в группе астероидов Аполлонов мы видим ярко выраженную зависимость в виде экспоненты» не хватает запятой после слова «Аполлонов».
4. Стр. 68, 3-я строка: вместо «... ограниченной задачи», должно быть написано «ограниченной задачи».
5. Стр. 70, 1-й абзац: в предложении «Стоимость космических миссий...» предлог «на» следует заменить на слово «вблизи».
6. Стр. 75, второй абзац: в предложении «Анализируя рис. 2 Приложения...» слова «к ошибкам» нужно заменить на «от ошибок».

7. Стр. 76, внизу: в предложении «На основе...» пропущено слово «орбиты» после слов «большой полуоси». Аналогично – в подписях рисунков 2.1 «а» и «б» на стр. 77, а также на рисунках 2.2 и 2.3 (стр. 85).
8. Стр. 94: в предложении «Используя индивидуальные орбиты метеороидов рассчитываются...» в слове «рассчитываются» пропущена буква «а».
9. Стр. 102: «Далее оценивается степень выполнения совокупности всех критериев синтетического метода...» – нужна запятая после слова «метода».
10. Стр. 190, начало страницы, 3-я строка сверху: после слов «...потоков кометного...» пропущено слово «происхождения».

Тем не менее, несмотря на некоторые ошибки и терминологические неточности при описании полученных данных и результатов, перечисленные замечания не умаляют значимость в целом большой и многоплановой работы соискателя, и не снижают ее достаточно высокий научный уровень. Кандидатская диссертация Сергиенко Марии Викторовны «Создание системы генетических связей метеорных потоков и их родительских тел с использованием синтетического метода» является в значительной степени самостоятельным исследованием и соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Поэтому считаю, что Сергиенко М.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия.

Ведущий научный сотрудник ГАИШ МГУ
 (119324, Москва, Университетский проспект, 13)
 доктор физ.-мат. наук,
 «26 » сентября 2023 г.
 Тел.: 8(495)9391029; e-mail: busarev@sai.msu.ru



Бусарев В.В.

Подпись вед. н. с. ГАИШ МГУ В.В. Бусарева заверяю

Директор ГАИШ МГУ,
 чл.-корр. РАН, профессор



К.А. Постнов