



ՀՀ ԳԱԱ Վ. ՀԱՄԲԱՐԶՈՒՄՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ  
ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆ

NAS RA V. AMBARTSUMIAN  
BYURAKAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY

+374 91 195901 ՀՀ Արագածոտնի մարզ, գ. Բյուրական 0213 / Byurakan 0213, Aragatzotn province, Republic of Armenia observ@bao.sci.am

**«Утверждаю» Директор Бюраканской астрофизической  
обсерватории им. Виктора Амбарцумяна НАН  
Армении, доктор физико-математических наук, профессор  
Арег Микаелян**



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Нарзиева Мирхусена на тему **«Исследования физико-кинематических свойств метеороидов по результатам комбинированных радиолокационных и оптических наблюдений»** на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.42 – Астрометрия и небесная механика.

1. Соответствие темы и содержания диссертации паспорту научной специальности.

Диссертации Нарзиева Мирхусена посвящена одной из актуальнейших задач современной метеорной астрономии — исследованию физико-кинематических свойств метеороидов по результатам комбинированных радиолокационных и оптических наблюдений. Объектом исследования являются результаты комплексных фотографических спектральных телевизионных и радиолокационных наблюдений метеоров, результаты базисных радиолокационных

наблюдений метеоров с 4-5 пунктов, в Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО). В результате анализа данных комплексных наблюдений докторантом выявлены: а) 8 совместно зарегистрированных фото-радиолокационных метеоров, 6 из которых относятся к Персеидам, 1 - к потоку <sup>TM</sup>-Акварид и 1 - к спорадическому фону. При этом один болид (№ 77054) имеет спектр, полученным обычным и методом мгновенной экспозиции (единственный случай в мире). Еще один имеет совместный фото-телевизионный и 57 одновременно зарегистрированных радиотелевизионным методом спектров на основе которых получены впервые кривые свечения и ионизации. Также измерены впервые радианты, скорости и орбиты комплексным радиотелевизионным и пеленгационно-временным радиометодом, рассчитаны впервые фотометрические и ионизационные массы, изучены структуры поточных и спорадических метеоров. Общее количество обработанных радиометеоров составляет свыше 10 600 метеоров, что позволяет сделать выводы о высокой статистической значимости.

Исследование отличается широким охватом и глубокой проработкой темы: выполнена наблюдения и редукция наблюдательного материала с использованием впервые пеленгационно-временного радиометода, идентифицировано 431 потоков и ассоциаций метеороидов, в том числе подтверждённые новые потоки и ассоциации. Впервые разработана методика вычисления массы и плотности метеоров наблюдаемых с одного пункта, впервые составлен Каталог физических, кинематических характеристики и данных атмосферных траекторий радио метеоров ярче +5. Анализ диссертационной работы показывает, что она соответствует подразделу «физико-математических» наук и паспорту специальности 1.3.42 – Астрометрия и небесная механика.

## **2. Актуальность темы исследования.**

Изучение метеоров как в оптическом, так и в радиолокационном диапазоне оказывает влияние на такие различные области науки, как геофизика, исследование космического пространства, астрофизика, распространение радиоволн, обеспечение безопасности полётов космических миссий, а также на решение ряда теоретических и прикладных задач и т.д. В частности, изучение метеороидов и их взаимодействия с атмосферой Земли и ионосферой может способствовать решению некоторых проблем, важных для жизнедеятельности людей. Среди многочисленных факторов в ряду глобальных катастроф на Земле, вызывающих человеческие жертвы и разрушения, особенно опасны такие явления, как землетрясения как следствие проникновение в атмосферу Земли метровых и декаметровых метеороидов, которые сосредоточены в некоторых метеорных потоках, ассоциациях и группах метеоритообразующих метеороидов и могут приземляться с разрушительными последствиями. Особенно опасны такие явления для тех областей Земли, где расположены атомные станции, химические заводы, дамбы (плотины) гидроэлектростанций и плотно населённые жилые районы. Эти события могут приводить к региональным разрушениям и несчастным случаям с людьми, что было наглядно продемонстрировано падением Челябинского метеорита 15 февраля 2013 года в России. Известно, что активное влияние метеороидов на верхнюю атмосферу вызывает первичное накопление ионов, влияющее, в свою очередь, на физико-химические свойства атмосферы. Следовательно, исследование физико-кинематических свойств метеороидов является неотложной задачей, как в прикладных, так и в фундаментальных исследованиях.

Исследование комплексных физико-кинематических свойств метеороидов комбинированным радиооптическим методом может помочь в понимании происхождения Солнечной системы и процессов, происходивших после образования малых тел, их свойств,

происхождения и эволюции, а также в определении природы их родительских объектов — комет и астероидов. Чрезвычайно важны организация наблюдений, сбор и накопление наблюдательного материала, охватывающего широкий диапазон скоростей и яркостей метеоров по результатам одновременных радио-оптических наблюдений. Данные о физических и кинематических свойствах метеороидов дают ценную информацию о начальных состояниях материи, породившей кометы и астероиды. Современные исследования подтверждают, что в составе метеорных потоков могут присутствовать как отдельные крупные тела, так и группы метеороидов, способных образовывать метеориты. Следовательно, метеороидные потоки и ассоциации могут рассматриваться в качестве потенциальных источников крупных тел, падение которых на Землю может иметь катастрофические последствия.

### **3. Степень обоснованности научных положений, выводов и предложений, изложенных в диссертации.**

Диссертация базируется на наблюдательной основе, включая прочную теоретическую и методологическую основу. Автор использует новый более чувствительный, и более точный метод измерения радиантов, скоростей и орбит метеоров, а также разработанную им методику расчета физических свойств метеороидов и современные методов анализа двухмерного распределения радиантов по D-критериям Саутворта–Хокинса и Йопека для оценки орбитальной близости метеоров. Используемый пеленгационно-временной метод, разработанный в Институте астрофизики НАН Таджикистана, позволяет достоверно определять радианты и скорости, обладая преимуществом перед классическим импульсно-дифракционным методом.

### **4. Научная новизна и достоверность полученных результатов**

В результате анализа данных комплексных радио-оптических наблюдений метеоров (РОНМ):

- 1) **Выявлены** 8 совместных фото-радиолокационных метеоров, 6 из них относятся к Персеидам, 1 - к потоку <sup>TM</sup>-Акварид и 1 - к спорадическому фону. Причём метеор № 770954 имеет спектр, полученный методом мгновенной экспозиции (это единственный случай в мире), и 57 одновременно зарегистрированных радиотелевизионным методом метеоров .
- 2) **Исследованы** впервые вариации блеска и ионизации вдоль следа одних и тех же метеоров разных скоростей. Синхронность изменения интенсивности свечения и ионизации подтверждает их зависимость от единицы секундного расхода масс.
- 3) **Изучены** взаимосвязь отношения интенсивности свечения к ионизации от скорости для двух групп метеоров по магнитудам: а) 0 и + 8 и б) -0 и -14. Выявлены, что логарифм отношения интенсивности свечения к ионизации у метеоров слабее 0 звёздных величин с увеличением скорости и атомного веса (последний по результатам лабораторного моделирования) уменьшается на порядок. Установлено, что  $\lg I/q$  (отношение интенсивности свечения к удельной концентрации электронов) для метеоров ярче  $-0. \div -8$ . с увеличением скорости остаётся постоянным и составляет  $-4.2$ .
- 4) **Определены** шкалы масс и впервые рассчитаны с хорошим соответствием фотометрические и ионизационные массы радио-оптических метеороидов.
- 5) **Получены** экспериментальные ионизационные кривые 1100 метеороидов, произведена классификация наблюдаемых форм отрезков и ионизационных кривых метеоров. Разработана методика определения физических характеристик радиометеоров, наблюдаемых с одного пункта.

б) **Выявлены** общность и различия между кривыми блеска и ионизации метеоров, в широком диапазоне звёздных величин от +8.5 до -18. и в разных метеорных популяциях. Установлено, что параметр  $P$  на первой половине гистограммы распределения, возрастает примерно экспоненциально, а на второй половине убывает более плавно. Получено, что в отличие от болидов, где  $P$  у всех популяций приходится на диапазон 0.7-0.8, у ТВ и Суппер-Шмитдовских метеоров по мере перехода от популяции типа А к популяциям типа С2 и Д наблюдается перемещение положения максимума интенсивности свечения в гистограмме распределения по параметру  $P$ .

7) **Измерены** впервые скорость совместного радиотелевизионного метеора двумя способами: а) комбинированным R-TV и б) радиолокационным (ИДМ и ПВМ). Установлено, что скорость метеоров, измеренная по результатам комбинированных, на 1.5-3 км/с больше, чем скорость, тех же метеоров, измеренная радиолокационными методами.

8) **Создан** впервые новый Каталог радиантов, скоростей, орбит и данных атмосферных траекторий 8916 радиометеоров ярче +5. Выявлено, что радианты метеоров ярче +5 звёздной величины в северной части небесной полусферы распределены почти равномерно.

9) **Идентифицированы** 431 метеорных потоков и ассоциаций по результатам анализа данных орбит 10913 радиометеоров, наблюдаемых в ГисАО (Таджикистан), где около половины выявлены впервые.

Результаты исследования подтверждаются использованием проверенной методологии, большим объемом наблюдательных данных и применением критериев, признанных в мировой метеорной астрономии. Автор корректно интерпретирует данные и приводит убедительные обоснования сделанных выводов. Результаты обсуждались на конференциях, а также опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

## 5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации.

1) **Создан** новый «Каталог радиантов, скоростей, орбит и атмосферных траекторий 8916 радиометеоров, наблюдаемых в Таджикистане», который предоставляет собой ценный наблюдательный материал, зарегистрированный для использования в Базе метеорных данных Международного астрономического союза (МАС);

2) **Идентифицированы** 431 метеорных потоков и ассоциаций по результатам радиолокационных наблюдений свыше 10 500 метеоров зарегистрированных в ГисАО с 4 –ёх пунктов (в отличие от Джодрелл Бэнке, Оттаве, Ондержееве, Харькове, Обнинске, Могадишо и т.д., где наблюдения велись с 3-ёх пунктов). Эти наблюдения представляют ценную научно-прикладную информацию, позволяющую прогноз (и предотвращение) столкновений крупных объектов с планетой Земля.

3) **Данные** комплексных фотографических, спектральных, телевизионных и многостанционных радиолокационных наблюдений метеоров, полученные в Таджикистане впервые в мире, наряду с данными одновременных радио и оптических наблюдений полученных в других обсерваториях, позволили проанализировать зависимость логарифма отношения интенсивности свечения к ионизации от скорости, на базе которых выявлена зависимость шкалы радио величины для широкого диапазона метеорных скоростей. Этот результат может быть использован при интерпретации наблюдательных материалов полученных в разных радарных станциях.

4) **Данные** экспериментальных ионизационных кривых метеоров ярче +5. наряду с данными атмосферных траекторий и физических и кинематических свойств представляют собой новейший наблюдательный материал, которые ранее не были получены и исследованы в метеорной

астрономии. Данные физических характеристик позволяют определить параметры распределения метеорных тел по массам, в том числе оценки плотности падающего потока метеороидов на Землю представляет ценную научную и прикладную значимость.

5) **Данные** о распределении метеоров, включая метеорные потоки и ассоциации, в экваториальных, эклиптических и гелиоцентрических координатах, а также по скоростям и элементам орбит на небесной сфере, представляют интерес для решения задач обеспечения безопасности космических полётов, прогнозирования столкновений опасных космических объектов с Землёй и изучения процессов, интересных в аспекте формирования Солнечной системы и т.д.

6) **Информация** о массах и плотностях метеороидов в потоках и ассоциациях важна для исследования их структуры, определения параметров распределения метеорных тел по массам, оценки плотности падающего потока метеороидов на Землю и других аспектов, связанных с метеорной активностью.

## **6. Степень достоверности результатов исследования, точность и обоснованность результатов исследования.**

Выводы и результаты, представленные в диссертации, заслуживают доверия, так как они основаны на современных, проверенных и объективных методах исследований, разработанных докторантом и опубликованы ведущими отечественными и зарубежными астрономическими учреждениями. В частности в диссертации для измерения радиантов, скоростей и орбит метеоров впервые внедрен в практику пеленгационно-временной радиометод измерения радиантов, скоростей и орбит метеоров, который как по точности измерения (в 1.7 раза) так и по чувствительности (в три раза) превосходит импульсно-дифракционный метод, использованный для редукиции наблюдательного материала полученных в Оттаве, Гарварде, Харькове, Обнинске, Джодрелл Бэнке и других станциях. Докторантом разработана методика определения физических свойств (массы, плотности, структуры) метеоров зарегистрированных посредством одной приёмной станции. Следует отметить, что современная физическая теория метеоров неприемлема для редукиции наблюдательного материала полученной с одной станции, впрочем современные радионаблюдения в основном как раз и ведутся с одного пункта.

Впервые получены экспериментальные кривые ионизации производимые метеорами ярче +5, и произведена их классификация по форме распределения линейной электронной плотности. Идентификации метеорных потоков и ассоциации метеоров осуществлена (проведена) тремя этапами: а) графическим, б) фильтрации по скоростям и в) применены критерии близости орбит Саутворта-Хокинса и Йопека для оценки степени схожести орбит.

Анализ основан на радио и оптическом наблюдательном материале, полученным автором, и данным радиолокационных наблюдений собранным в Институте астрофизики НАНТ, данных полученные зарубежными наблюдателями по радио-оптическим наблюдениям метеороидов, а также по метеорным потокам из признанных международных баз данных ЦМД МАС.

## **7. Личный вклад соискателя в исследование.**

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в организацию и проведение наблюдений, редукцию, получение и анализ наблюдательного материала. В частности;

- 1) **осуществлен** поиск и выявление совместно зарегистрированных оптико-радиолокационных метеоров,
- 2) **произведена** редукция данных и исследование вариаций интенсивности свечения и ионизации вдоль следов одних и тех же метеоров с разными скоростями.
- 3) **разработана** методика вычисления масс, плотностей, звёздных величин и величин линейной электронной плотности метеоров,
- 4) **руководство** работой лаборантов и непосредственное участие в редукции данных 11000 радиометеоров, выполнение счёта исходных данных, создание программ для определения кинематических и физических характеристик метеороидов;
- 5) **расчет** радиантов, скоростей и орбит и данные атмосферных траекторий свыше 11 000 метеоров;
- 6) оформление «Каталога радиантов, скоростей, орбит и атмосферных траекторий 8916 радиометеоров, наблюдаемых в Таджикистане»;
- 7) **идентификация** метеорных потоков и ассоциаций, создание соответствующего каталога потоков и ассоциаций метеороидов, с опубликованием результатов исследований;
- 8) **представленные** в диссертации результаты, согласно публикациям, получены преимущественно автором.

## **8. Публикации результатов диссертации в рецензируемых научных журналах.**

Основные результаты диссертации опубликованы в монографии «Каталог радиантов, скоростей, орбит и атмосферных траекторий 8916 радиометеоров, наблюдаемых в Таджикистане» и в 51 публикациях, из которых 28 статей опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК при Президенте Республики Таджикистан, и 23 статьи – в сборниках трудов конференций.

## **9. Оценка содержания диссертации и степени ее завершенности. Структура и объём диссертации.**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитированной литературы. Она содержит 289 страниц машинописного текста, включает 45 рисунков и 41 таблиц. Список литературы включает 315 наименований зарубежных и отечественных авторов.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, определена её цель, сформулирована научная новизна полученных результатов, их область применения, основные результаты, выносимые на защиту, а также показан личный вклад автора и положения, предлагаемые к защите.

**В первой главе** изложены основные уравнения, описывающие процессы, сопровождающие полет метеорного тела в земной атмосфере включая описанные впервые уравнения ионизации с учётом различных форм абляции, в том числе квазинепрерывное, прогрессивное, осколочное и вспышечное дробление. Подробно изложены зависимости характеристик радиоэха от мощности радиоотражения и длительности радиоэхо, и описывается зависимость длительности радиоэха для метеоров, наблюдаемых как в ночное, так и в дневное время суток, приводятся уравнения

длительности радиоэха с учётом процессов деионизации, параметров аппаратуры и характеристик метеорного следа.

**Во второй главе** представлены обзор современного состояния и перспектив исследования метеоров по результатам одновременных радио-оптических наблюдений, данные технических характеристик комплекса оптической и радиолокационной аппаратуры МИР-2 и МИР-3, методика поиска и определения отражающей точки на следе метеора, критерии отбора и результаты совместно зарегистрированных метеоров, и результаты трёхлетних комплексных оптических (фотографических, спектральных, телевизионных) и радиолокационных наблюдений метеоров, где в результате поиска были выявлены: один фото-телевизионный, восемь фото-радиолокационных (в том числе один с результатами спектральных наблюдений) и 57 совместно зарегистрированных радио-телевизионных метеоров. Предложена методика определения кривых блеска и ионизации радио-оптических метеоров. Установлено, что вариации свечения и ионизации вдоль следа одних и тех же метеоров одинаковы. Данный эксперимент получен впервые в мире и является подтверждением одинакового секундного расхода массы для процессов свечения и ионизации метеоров.

Здесь также приведены результаты исследования логарифма отношения интенсивности свечения к линейной электронной плотности и связь с коэффициентами свечения и ионизации при различных значениях скоростей для двух групп метеоров по звёздным величинам: а) метеоры слабее от + 0 до + 8 и б) метеоров ярче -0. Исследована связь между логарифмом отношения интенсивности свечения к линейной электронной плотности от скорости по результатам радио-оптических наблюдений и от химического состава метеороида. Установлено, что логарифм отношения интенсивности свечения к величине линейной электронной плотности в диапазоне метеорных скоростей меняется более чем на порядок, а при отношении скоростей метеоров в диапазоне 12–70 км/с уменьшилось на три порядка.

**Третья глава** диссертации посвящена исследованиям физических свойств метеороидов по результатам одновременных радио-оптических наблюдений метеоров. Определена шкала масс как ярких, так и слабых метеоров, и приведены результаты вычисления масс одних и тех же ярких и слабых метеоров по величине интенсивности свечения и ионизации на высоте зеркальной точки, полученные по данным одновременных радиооптических наблюдений. Показано, что наилучшие согласия между фотометрической и ионизационной масс метеороидов разных яркостей, наблюдаются при использовании шкалы масс полученным докторантом. Используя теории квазинепрерывного дробления и результаты радио-оптических наблюдений метеоров, рассчитаны плотность и пористости метеороидов потоков и спорадического фона. Показано, что наиболее плотными среди исследованных слабых метеоров являются Геминиды и <sup>TM</sup>-Аквариды, вещество которых соответствует прочному и плотному кометному веществу, а наименьшая объёмная плотность, соответствующая кометному веществу типа ША, получена для Орионид и Леонид. Далее рассматривается применение критерия конечных высот, с помощью которого определены плотности метеороидов и рассчитаны высоты, ожидаемые по классической теории единого не дробящегося тела. Выяснилось, что теория единого не дробящегося тела применима для объяснения механизма разрушения лишь 3% слабых метеоров. Вычисленные значения плотностей находятся в широком диапазоне от 0.10 до 4.4 г/см<sup>3</sup>. По интегральным распределениям метеорных тел по массам для дневных метеорных потоков определен параметр S, в интервале 1,4 (для потоков Писцид, | -Цетид и Пегасид) до 1,9 — для потоков | -Акварид, { -Писцид и Ю. М. Ариетид. Для ночных метеорных потоков параметр S составляет: для Квадрантид 1,6; для С. δ-Акварид, Ю. δ-Акварид и Геминид — 1,7; для i-Акварид - 1,86. Полученные значения параметра S были сопоставлены с параметрами S, найденными другими

исследователями для даты максимума активности по распределениям метеорных тел по длительностям радиоэха тех же потоков.

**Четвёртая глава** посвящена измерению радиантов, скоростей, орбит и данных атмосферных траекторий метеоров, зарегистрированных по результатам одновременных радиооптических наблюдений, и данных базисных радиолокационных наблюдений метеоров с четырёх пунктов в ГисАО пеленгационно-временным радиометодом. При этом скорости одних и тех же радиотелевизионных метеоров измерены двумя методами: а) комбинированным телерадиолокационным и б) импульсно-дифракционным и пеленгационно-временным радиолокационным методом. Анализ результатов показывает, что скорости метеоров, измеренные комбинированным радиотелевизионным методом, на 1.5–3 км/с выше, чем скорости, измеренные радиолокационным методом. Здесь изложена методика определения горизонтальных координат зеркально отражающей точки и азимут и зенитное расстояние радианта, полученного пеленгационно-временным методом. Рассчитаны кинематические характеристики метеороидов, как внеатмосферная масса, звёздная величина радиометеора и линейная плотность электронов на высоте центральной точки метеорного следа а также измерены радианты, скорости, элементы орбит и данные атмосферной траектории пеленгационно-временным радиометодом. Составлен каталог орбит и атмосферных траекторий 8916 метеоров ярче +5 звёздной величины, зарегистрированный в Центре метеорных данных (ЦМД) Международного астрономического союза (МАС).

**Пятая глава** диссертации посвящена идентификации метеорных потоков и ассоциаций по результатам ежемесячных и годовых базисных радиолокационных наблюдений метеоров в ГисАО с четырёх пунктов с декабря 1968 по январь 1970 гг. Приводится обзор формирования метеорных роёв, потоков и ассоциаций метеороидов и обоснованы два основных источника образования метеорных роёв: кометное и астероидное. Приводится обзор работ по формированию метеорных роёв, включая потоки и ассоциации, выявлению потоков и ассоциаций метеороидов на основе визуальных, визуально-телескопических и оптических (фотографических, телевизионных и видеонаблюдений) методов. Идентификация осуществлялась по данным 10 683 метеоров в два этапа: а) графическим методом по двумерному распределению координат радиантов и скоростей; б) с применением критерия Саутворта–Хокинса и критерия Йопека. В результате анализа данных 10683 радиантов, скоростей и орбит, измеренных в Таджикистане, выявлено 431 метеорных потока и ассоциации, при этом около 50% обнаружены впервые. Некоторые потоки, такие как северные и южные  $\nu$ -Офиурхиды,  $\delta$ -Виргиниды,  $\alpha$ -Скорпиониды,  $\nu$ -Гидриды, Южные  $\alpha$ -Леониды, S-Либриды, а также ряд ассоциаций, впервые идентифицированы радиолокационным методом. По предложенной методике автором, для каждого метеороида потока и ассоциации были вычислены их массы и плотности.

Построены распределения потоков и ассоциаций метеороидов по элементам орбит и их физических свойств. Средние значения масс метеороидов в потоках и ассоциациях находятся в интервале от  $7 \cdot 10^{-4}$  до 0,3 г, а их плотности варьируются в диапазоне 0,3–7 г/см<sup>3</sup>. При этом у 76% метеорных потоков и ассоциаций средние значения плотности метеороидов сосредоточены в диапазоне 1–4 г/см<sup>3</sup>. У 11% потоков и ассоциаций средние плотности находятся в пределах 4–7 г/см<sup>3</sup>, а 13% метеороидов из потоков и ассоциаций имеют среднее значение плотности менее 1 г/см<sup>3</sup>.

**10. Соответствие оформления диссертации требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан.**

Диссертационная работ Нарзиева Мирхусена «Исследования физико-кинематических свойств метеороидов по результатам комбинированных радиолокационных и оптических наблюдений», выполненная по специальности 1.3.43 – Астрометрия и небесная механика, представлена на соискание учёной степени доктора физико-математических наук и соответствует всем установленным требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, в соответствии с Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённых Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан (постановление № 267 от 30.06.2023 г.) в части, касающейся присуждения учёной степени доктора наук.

## 11. Соответствие научной квалификации соискателя для получение учёной степени.

Научная квалификация соискателя Нарзиев Мирхусен соответствует представленной научной специальности 1.3.42 – Астрометрия и небесная механика, а диссертационное исследование соискателя - Нарзиев Мирхусен – заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук.

## 12. Замечания и спорные вопросы по поводу формирования диссертации.

Диссертация имеет следующие недостатки и ошибки.

1. Обзорная часть диссертации написана весьма подробно, по возможности следовало бы сократить текст.
2. Несмотря на то, что диссертация написана понятно, в ней встречаются стилистические и орфографические ошибки.
3. При записи дробей в виде отношения следовало бы использовать больше скобок, чтобы понять суть формулы прямо из текста, а не обращаться к первоисточникам.
4. Следует избегать выражений типа «телевизионный метеор», «радио метеор» и т.п. Лучше метеор, наблюдаемый таким-то методом.
5. Вместо термина «слабая плазма» лучше частично-ионизованная плазма.
6. В формуле 1.29 во второй строке в выражении в квадратной скобке пропущен показатель степени «5», что прямо следует из размерности выражения.

$$-\frac{dM}{dt} = \int_{\rho_H}^{\rho} n(\rho_0) \frac{dM_{kx}}{dt} d\rho = \frac{9M_0 v \cos Z \rho}{H(\rho_{дк} - \rho_H)^3 (\rho - \rho_{ОН})^3} *$$

$$* (1/5[(\rho - \rho_{ОН}) - (\rho_H - \rho_{ОН})^5] - \frac{1}{2(\rho_{дк} - \rho_{ОН})} *$$

$$* [(\rho - \rho_{ОН})^4 - (\rho_H - \rho_{ОН})^4] + 1/3(\rho_{дк} - \rho_{ОН})^3 *$$

$$* [(\rho - \rho_{ОН})^3 - (\rho_H - \rho_{ОН})^3]). \quad (1.29)$$

7. В формуле 2.27 на стр.130 определения параметра  $P$  имеется явная ошибка из-за смешения размерных и безразмерных параметров,

$$P = H_b - \frac{H_m}{H_b} - H_e \quad (2.27) \quad \text{правильная}$$

формула выписана автором ранее (стр.18) для параметра  $R$ ,

$R = (H_b - H_m)/(H_b - H_e)$ , где  $H_b$ ,  $H_m$  и  $H_e$  — высоты начала, максимума и конца следа, с которой и согласуется поведение кривых рис.2.11.

8. В формуле 3.1 в пояснении плотности атмосферы на высотах появления и исчезновения метеора, в обоих случаях указана одна и та же плотность, а также в пределах интегрирования перепутаны греческие и латинские символы.

Имеющиеся недостатки не снижают высокое научное качество диссертации. Взяв их во внимание, диссертант, следует надеяться, в дальнейшем повысит эффективность своих научных исследований.

Автореферат диссертации подготовлен в соответствии с установленным порядком получения ученой степени доктора физико-математических наук, полностью отражает основное содержание исследования, в нём обоснованы и полностью объяснены значимые научные результаты.

Несмотря на высказанные замечания, считаю, что диссертационная работа Нарзиева Мирхусена по теме «**Исследования физико-кинематических свойств метеороидов по результатам комбинированных радиолокационных и оптических наблюдений**» выполнена с использованием очень большого массива наблюдательных данных, обработка которых выполнена на высоком профессиональном уровне с заслуживающими доверия результатами.

### 13. Заключение по диссертации

Диссертация Нарзиева Мирхусена на тему «**Исследования физико-кинематических свойств метеороидов по результатам комбинированных радиолокационных и оптических наблюдений**», для получения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.42 – Астрометрия и небесная механика, выполнена на необходимом научном уровне и по содержанию соответствует существующим требованиям.

Диссертация соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан и автор достоин присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.42 – Астрометрия и небесная механика

Отзыв подготовлен в соответствии с пунктами 76-79 и 81 Порядка присуждения ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, № 267.

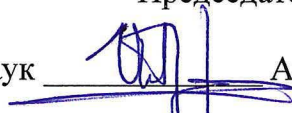
Отзыв подготовлен в отделе «Астрохимия, астробиология и экзопланеты» Бюраканской астрофизической обсерватории, Республика Армения .

Отзыв обсужден и утверждён на заседании учёного совета Бюраканской астрофизической обсерватории (протокол N 6 от 09.06.2026 года).

На заседании присутствовали: 12 человек  
Результаты голосования: за-12 человек, против- нет, воздержавшихся- нет

Председатель заседания:

Кандидат физико – математических наук



Арег Микаелян

Эксперт:

Доктор физико – математических наук



Арарат Егикян

Секретарь заседания:

Кандидат физико – математических наук



Айк Абрамян

Подписи Арега Микаеляна, Арарата Егикяна и Айка Абрамяна подтверждаю

Начальник отдела кадров



М. Зограбян

0213, Бюракан, Арагацотнская область, Республика Армения

Тел. (+374-91) 195901,

[observ@bao.sci.am](mailto:observ@bao.sci.am), [www.bao.am](http://www.bao.am)

10.06.2026 г.