

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

диссертационного совета 6D.КОА-056 при Таджикском национальном университете (утвержденного для разовой защиты приказом Председателя Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 02.02.2026 г. № 40/хя), по профилю диссертации Нарзиева Мирхусена «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.

**Актуальность темы.** Исследование метеоров, как в оптическом, так и в радиолокационном диапазоне становится всё более важным. Оно оказывает влияние на такие различные области науки, как геофизика, космология, исследование космического пространства, 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 жизни людей. Среди многочисленных факторов, вызывающих человеческие жертвы и разрушения на Земле, особенно опасны такие явления, как землетрясения и 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  $M^+$ . 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 генезиса Солнечной системы и процессов, происходивших после образования малых тел, то есть в изучении космогонии Солнечной системы, их свойств, происхождения и эволюции, а также в определении природы их

родительских объектов — комет и астероидов. Чрезвычайно важно организация наблюдений, сбор и накопление наблюдательного материала, охватывающего широкий диапазон скоростей и яркостей метеоров по результатам одновременных радиооптических наблюдений.

**Диссертационная работа** выполнена в Отделе межпланетных тел Института астрофизики Национальной академии наук Таджикистана.

**Задачи исследования** состоят из следующих пунктов:

– отождествить совместно зарегистрированные метеоры фото-радиолокационным и радиотелевизионным методами на основе опубликованного сводного каталога фотографических метеоров и результатов первичных радиотелевизионных наблюдений метеоров;

– исследовать одновременные вариации интенсивности свечения и ионизации вдоль следа и изучить зависимости отношения интенсивности свечения к ионизации от скорости, определить шкалы радиовеличины и масс, вычислить фотометрические и ионизационные массы одних и тех же радиооптических метеороидов;

– получить экспериментальные кривые ионизации поточных и спорадических метеоров, классифицировать наблюдаемые формы отрезков и ионизационных кривых; исследовать расположение высоты точки зеркального радиоотражения относительно высоты максимума свечения и ионизации и разработать методику определения физических характеристик радиометеоров, наблюдаемых с одного пункта;

– изучить форму распределения блеска вдоль следа метеоров широких диапазонов звёздной величины и разных популяций;

– измерить скорость совместного радиотелевизионного метеора тремя способами: а) комбинированным R-TV и б) импульсно-дифракционным и в) впервые пеленгационно-временным радиометодом; создать новый каталог радиометеоров ярче +5 звёздной величины и исследовать распределение метеороидов по кинематическим и физическим свойствам;

– идентифицировать метеороиды, принадлежащие метеорным потокам и ассоциациям, по циклу годичных радиолокационных наблюдений метеоров в ГисАО, определить параметры распределения метеорных тел по массам в некоторых дневных и ночных метеорных потоках.

## Научная новизна исследования:

К основным научным результатам, относятся следующие:

1. **Выявлены** 8 совместных фото-радиолокационных метеоров за 1977–1980 гг., из которых 6 относятся к Персеидам, 1 — к потоку  $\delta$ -Акварид и 1 — к спорадическому фону. Метеор № 770954 имеет спектр, полученный методом мгновенной экспозиции, что является единственным случаем в мире, и 57 радиотелевизионных метеоров.

2. **Впервые** исследована вариация блеска и ионизации вдоль следа одних и тех же метеоров разных диапазонов скоростей. Показано, что ход вариации интенсивности свечения и ионизации вдоль следа один и тех же метеоров удовлетворительно согласуется между собой.

3. **Изучена** взаимосвязь отношения интенсивности свечения к ионизации от скорости для двух групп метеоров по звёздной величине: а)  $0^m \div +8^m$  и б)  $-0^m \div -14^m$ . Впервые выявлено, что у метеоров слабее  $0^m$  звёздной величины с увеличением скорости и атомного веса (по данным лабораторного моделирования) логарифм отношения интенсивности свечения к ионизации уменьшается на порядок. Для метеоров ярче  $-0^m \div -8^m$   $\lg I/q$  остаётся постоянным и составляет  $-4,2$ .

4. **Установлены** шкалы масс и зависимости радиовеличины от скорости метеоров на основе объединённых данных одновременных оптических и радиолокационных наблюдений. Причем разница в шкале радиовеличины между двумя крайними группами скоростей метеоров составила  $1,7 \div 3^m$ .

5. Определены шкалы масс как для ярких ( $m > 0$ ), так и для слабых ( $8 \leq m \leq 0$ ) радиометеоров. Рассчитаны впервые фотометрические и ионизационные массы радиооптических метеороидов, которые согласуются между собой.

6. **Получены** экспериментальные ионизационные кривые 1100 метеороидов, проведена классификация наблюдаемых форм отрезков и ионизационных кривых. Впервые изучено расположение высоты зеркальной точки относительно высоты максимума ионизации. Оказались, что высоты зеркальных точек на 0,4 км ниже высот максимума ионизации. Разработана методика определения физических характеристик радиометеоров, наблюдаемых с одного пункта.

7. **Выявлены** общие закономерности и различия между кривыми блеска и ионизации метеоров в широком диапазоне звёздных величин ( $+8,5^m \div -18^m$ )

и разных метеорных популяций. Установлено, что параметр  $R$  ( $R = (H_b - H_m)/(H_b - H_e)$ ), где  $H_b$ ,  $H_m$  и  $H_e$  — высоты начала, максимума и конца следа) на первой половине гистограммы распределения метеоров возрастает экспоненциально, а на второй половине убывает более плавно. Для болидов  $R$  находится в диапазоне 0,7–0,8, тогда как для ТВ- и Супер-Шмидтовских метеоров при переходе от популяции типа А к С2 и D наблюдается смещение положения максимума интенсивности свечения в гистограмме распределения по параметру  $R$ .

**8. Измерены** впервые скорость совместного радиотелевизионного метеора тремя способами: а) комбинированным R-TV и б) импульсно-дифракционным и в) впервые пеленгационно-временным методом. Скорость, измеренная комбинированным R-TV, оказалась на 1,5–3 км/с выше, чем скорость тех же метеоров, измеренная радиометодами.

**9. Создан впервые** новый каталог радиантов, скоростей, орбит и данных атмосферных траекторий 8916 радиометеоров ярче  $+5^m$ . Проведен анализ распределения радиантов, скоростей, орбит и физических свойств метеоров на небесной полусфере. Выявлено, что радианты метеоров ярче  $+5^m$  в северной части небесной полусферы распределены почти равномерно.

**10. Идентифицированы** 431 метеорных потоков и ассоциаций на основе анализа данных ежемесячных и годовых измерений радиантов, скоростей и орбит 10 913 радиометеоров, наблюдаемых в Таджикистане, при этом около половины потоков выявлены впервые. Определены параметры распределения метеорных тел по массам  $S$  для дневных потоков  $\eta$ -Акварид,  $\alpha$ -Цетид, Писцид,  $\nu$ -Писцид и Ариетид, а также для ночных потоков  $\delta$ -Акварид, Квадрантид, Геминид, Северных и Южных  $\delta$ -Акварид,  $i$ -Акварид.

Проведена калибровка данных радионаблюдений относительно оптических. Полученные результаты сопоставлены с данными других авторов и результатами наблюдений с космических аппаратов и опубликованы в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

### **Теоретическая и практическая ценность исследования.**

Создан новый «Каталог радиантов, скоростей, элементов орбит и атмосферных траекторий радиометеоров, наблюдаемых в Таджикистане», зарегистрированный в Центр метеорных данных Международного астрономического союза (ЦМД МАС), результаты одновременных фото-радиолокационных (ОФР) и радиотелевизионных (Р-ТВ) наблюдений

метеоров в Таджикистане, экспериментальные данные кривых свечения и ионизации одних и тех же метеоров ярче  $+5^m$ ; физико-кинематические свойства метеороидов, зарегистрированных оптико-радиолокационным методом; данные о шкалах масс ярких и слабых метеороидов; параметры распределения метеорных тел по массам в дневных и ночных метеорных потоках; распределение метеоров по эклиптическим и гелиоцентрическим координатам, по скоростям и элементам орбит на небесной сфере представляют собой ценный наблюдательный материал не только для метеорной астрономии, космонавтики и космогонии Солнечной системы, но и является необходимым для обеспечения безопасности полётов космических миссий, прогнозирования возможных столкновений опасных космических объектов с Землёй, а также для решения вопросов формирования и эволюции Солнечной системы.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

- результаты комбинированных радио-оптических наблюдений метеоров в Таджикистане.
- изучение вариаций интенсивности свечения и ионизации вдоль следов метеоров и исследование отношения интенсивности этих процессов от скорости и химсостава, определение шкалы радиовеличины и масс ярких и слабых метеоров, результаты вычисления фотометрических и ионизационных масс одних и тех же метеороидов;
- данные ионизационные кривые метеоров, их квалификации по форме, исследовать месторасположение высоты точки зеркального радиоотражения и разработать методику определения физических характеристик радиометеоров, наблюдаемых с одного пункта;
- результаты анализа общности и различий в форме распределении интенсивности свечения и ионизации вдоль следов метеоров широких диапазонов звёздной величины и разных популяций;
- измерение скорости метеоров: а) комбинированным R-TV и б) впервые пеленгационно-временным радиометодами; создание нового Каталога радиометеоров ярче  $+5^m$  и исследовать распределение метеороидов по кинематическим и физическим свойствам;
- результаты идентификации метеорных потоков и ассоциаций; определение параметров распределения метеорных тел по массам в основных ежегодных дневных и ночных метеорных потоках.

**Апробация диссертации.** Материалы диссертационной работы были представлены и обсуждены на семинаре «Малые тела СС» Института

астрофизики НАНТ, а также на ряд международных конференциях и симпозиумах.

**Личный вклад автора** заключается в организацию и проведение комплексных радио-оптических наблюдений, поиск и выявление совместно зарегистрированных оптико-радиолокационных метеоров, редукцию и анализа наблюдательных данных, исследование вариаций интенсивности свечения и ионизации вдоль следов одних и тех же метеоров с разными скоростями, разработка методики определения масс, плотностей, звёздных величин и величин линейной электронной плотности метеоров, руководство работой лаборантов и непосредственно участвовал в редукции данных около 11000 радиометеоров, расчёт исходных данных, создании программ для определения кинематических и физических характеристик метеороидов, а также в создании и оформлении Каталога 8916 радиометеоров и выполнение идентификация метеорных потоков и ассоциаций. Подготовка к публикации наблюдательных материалов осуществлялась как самостоятельно, так и совместно с соавторами, при этом вклад диссертанта является определяющим. Представленные в диссертации результаты получены преимущественно автором.

**Публикации по теме диссертации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 52 печатных работах, из которых 1 монография, 29 статей опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК при Президенте Республики Таджикистан, и 22 статьи – в сборниках трудов конференций.

#### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитированной литературы. Она содержит 307 страниц машинописного текста, включает 44 рисунков и 39 таблиц. Список литературы включает 307 наименований зарубежных и отечественных авторов.

#### **Соответствие паспорту научной специальности.**

Тема диссертационного исследования соответствует Паспорту номенклатуры специальностей ВАК при Президенте Республики Таджикистан по специальности 1.3.42 –Астрометрия и небесная механика, в частности следующим пунктам:

*п.2. Разработка методов определения положения в пространстве и движения небесных тел. Сюда относятся все методы, основанные на наземных и внеатмосферных астрономических наблюдениях, включая радиолокацию и лазерную локацию, а также определение массы, формы и гравитационных полей небесных тел на основе анализа наблюдений с Земли и данных космических аппаратов.*

*п.4. Исследование динамической эволюции систем небесных тел на различных временных масштабах.*

*п.7. Интерпретация результатов изучения движения небесных тел с целью построения геометрической, кинематической и физической картины мира.*

На основании пунктов 61 и 62 Типового положения о Диссертационном совете, утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267 и Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26 июня 2023 года № 295, комиссия предлагает:

Исследование соответствует требованиям Реестра специальностей, по которым присуждаются ученые степени в Республике Таджикистан, утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267 и Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26 июня 2023 года № 295.

В диссертационном исследовании Нарзиева Мирхусена использование материала без ссылки на автора или источник не допускается, все использованные источники оформлены ссылкой на автора или источник посредством цитирования, что является свидетельством соблюдения пунктов 31, 32 и 34 Порядка присуждения ученых степеней и ученых званий (доцент, профессор). Принимая во внимание важность и новизну исследования, теоретическую и практическую значимость диссертации, комиссия пришла к выводу, что диссертация Нарзиева Мирхусена на тему «Исследования физико-кинематических свойств метеороидов по результатам комбинированных радиолокационных и оптических наблюдений». - Душанбе. -2026. -307 с. является полным и законченным исследованием и соответствует требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Автореферат диссертации, статьи и тезисы докладов, опубликованные соискателем ученой степени доктора физико-математических наук по специальности на соискание ученой степени доктора физико-математических

наук по специальности 1.3.42 – Астрометрия и небесная механика. составляют комплексное содержание общего содержания диссертации.

На основании пунктов 61 и 62 Типового положения о Диссертационном совете, утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267 и Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26 июня 2023 года №295, комиссия предлагает:

1. Принять к защите на диссертационном совете 6D.KOA-056 диссертацию Нарзиева Мирхусена «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.

**2. Официальными оппонентами по диссертации назначить:**

**Киселев Николай Николаевич** – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией малых тел Солнечной системы Крымской астрофизической обсерватории Российской академии наук, по специальности 1.3.42 – астрометрия и небесная механика.

**Абдужаббаров Ахмаджон Адилжанович** – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института фундаментальных и прикладных исследований при Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», по специальности 1.3.42 – астрометрия и небесная механика.

**Нарзиллов Бахтиёр** – доктор физико-математических наук, профессор, директор Института перспективных исследований при Университете «Новый Узбекистан», по специальности 1.3.42 – астрометрия и небесная механика.

3. В качестве Ведущей организации назначить: Бюраканская астрофизическая обсерватория имени В. А. Амбарцумяна Национальная академия наук Республики Армения, обладающий соответствующим научным профилем.

4. Опубликовать объявление о дальнейшей защите и размещении автореферата диссертации на сайте Учреждения и Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, одновременно дать

разрешение на опубликование автореферата диссертации с правами на рукопись.

Председатель комиссии:  
д.ф-м.н., профессор

Махсуд Б.И.

Члены комиссии:  
д.ф-м.н., профессор

Ахунов Т.А.

д.ф-м.н., профессор

Миртаджиева К.Т.

Подписи заверяю:

Начальник управления кадров  
и спецчасти ТНУ



Шодихонзода Э.Ш.

Подпись *К.Т. Миртаджиевой*  
заверяю *К.Т. Миртаджиевой*



Подпись Т.А. Ахунова заверяю

*Т.А. Ахунова*

