

На правах рукописи



Буриев Анварджон Махмадалиевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ
ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗБРАННЫХ КОМЕТ И АСТЕРОИДОВ ПО
ДАНЫМ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

01.03.01 – астрометрия и небесная механика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва – 2020

Работа выполнена в Ордена Трудового Красного Знамени Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан

Научный руководитель: **Кохирова Гулчехра Исроиловна,**
член-корреспондент АН Республики Таджикистан, доктор физико-математических наук, директор Института астрофизики АН РТ, ведущий научный сотрудник Отдела межпланетных тел Института астрофизики АН РТ, г. Душанбе

Научный консультант: **Ибадинов Хурсандкул Ибадинович,**
член-корреспондент АН Республики Таджикистан, доктор физико-математических наук, заведующий Отделом физики комет и астероидов Института астрофизики АН РТ, г. Душанбе

Официальные оппоненты: **Медведев Юрий Дмитриевич,**
доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией малых тел Солнечной системы Института прикладной астрономии Российской академии наук, г. Санкт-Петербург

Муртазов Андрей Константинович,
д.т.н., доцент, директор астрономической обсерватории Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», г. Рязань

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)

Защита диссертации состоится 14 сентября 2020 г. в 11 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 002.280.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте астрономии Российской академии наук по адресу: 119017, г. Москва, ул. Пятницкая, д.48.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института астрономии РАН и на сайте <http://www.inasan.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2020 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 002.280.01, к.ф.-м.н.

Н. В. Чупина

Общая характеристика работы

Диссертационная работа посвящена исследованию динамических и физических характеристик избранных короткопериодических комет и астероидов, сближающихся с Землей. Для решения поставленной задачи в астрономических обсерваториях Института астрофизики АН РТ выполнены оптические наблюдения комет и астероидов с последующей астрометрической и фотометрической обработкой полученных изображений. Получены новые данные о динамических и физических свойствах исследованных объектов, позволяющие улучшить понимание природы объектов из различных популяций малых тел Солнечной системы, а также способствуют выявлению общностей и различий между ними. Особое внимание уделено кометам семейства Юпитера, происхождение которых согласно современным представлениям связано с объектами пояса Койпера.

Актуальность работы

Кометы и астероиды образуют популяцию малых тел Солнечной системы. Кометные ядра и астероиды образовались миллиарды лет назад в период формирования Солнечной системы, следовательно, их возраст сравним с возрастом Солнечной системы. Их динамическое время жизни различно [1], различны также и источники их происхождения. Об этом свидетельствует их состав, внутренняя структура и температура испарения материала. Тем не менее, вещество комет, и астероидов благодаря сравнительно малым массам объектов сохранилось практически в первозданном виде и представляет собой первичный материал, из которого формировалась Солнечная система на ранних и последующих стадиях эволюции. В связи с этим кометы и астероиды имеют чрезвычайно важное место в астрономических исследованиях, их изучение обеспечивает получение сведений об условиях и процессах возникновения Солнечной системы.

Существует множество процессов, связанных с образованием и эволюцией комет, которые могут влиять на физические свойства ядер комет. Даже если бы существовал общий механизм формирования всех кометных ядер, разнообразие могло бы сохраняться из-за различий в физических и химических условиях на разных гелиоцентрических расстояниях. Поэтому не следует ожидать, что кометы образуют однородную группу по своим физическим свойствам, и существует необходимость исследовать возможные корреляции этих свойств с местом происхождения кометы и ее последующей историей, а также сравнение этих свойств с кометами других подгрупп. Эти проблемы рассмотрены в данной диссертации.

Особо отметим исследование условий деления ядра короткопериодической кометы 17P/Холмса, приведенное в работе. Деление, а иногда и разрушение ядра относится к наиболее катастрофическим

проявлениям нестационарной активности комет. Для выявления причин и условий таких нестационарных процессов необходимы дополнительные исследования, особенно, если учесть, что каждый такой случай является сугубо индивидуальным. Детальный анализ позволит установить общности и различия явлений деления, и, следовательно, выявить закономерности таких процессов.

Оптические наземные наблюдения астероидов продолжают сохранять значимость и актуальность, поскольку не для всех астероидов определены диаметр и геометрическая форма, структура и состав поверхности, период и ориентации оси вращения и др. параметры. Эти задачи становятся особенно актуальными, когда рассматриваются потенциально опасные астероиды. Крайне важно иметь как можно больший набор наблюдательных данных по таким астероидам, для того, чтобы получать более точные орбиты, звездные величины, периоды вращений, диаметры, показатели цвета и, по крайней мере, предположительный минералогический состав тел. Наблюдения и изучение таких астероидов являются еще одной проблемой, рассмотренной в диссертации.

Вышеприведенные факты составляют фундаментальную значимость исследования комет и астероидов.

Есть еще и практическая значимость этого вопроса. Она связана, в первую очередь, с проблемами астероидно-кометной опасности, для решения которой очень важно знать динамические и физические особенности объектов, представляющих потенциальную опасность столкновения с Землей. События, произошедшие в районе реки Подкаменная Тунгуска в 1908 г. [2] и в Челябинской области в 2013 г. [3,4], показали, насколько опасным может быть вторжение комет и астероидов в земную атмосферу. Эти и другие известные факты подтверждают реальность космических угроз для Земли. Последствия столкновений сильно зависят и от скорости входа тела в земную атмосферу, и от его состава, известно, что условия пролета каменных и ледяных объектов в земной атмосфере различаются. Для выработки стратегий предотвращения и смягчения опасных столкновений необходимо иметь максимально возможный перечень опасных тел и знать характеристики каждого объекта. Такие сведения позволяют достоверно характеризовать группировки опасных тел, источники их происхождения, следовательно, сделать оценки вероятности возможных ударов [5,6]. С этим связана научная и прикладная актуальность выбранной тематики исследования.

Цели и задачи диссертационной работы

Основной целью диссертационной работы является определение и исследование динамических и физических свойств короткопериодических комет и потенциально опасных астероидов по данным оптических наблюдений. Для достижения поставленной цели в диссертации на основе выполненных оптических наблюдений избранных комет и астероидов и астрометрической и фотометрической обработки изображений объектов, решены следующие задачи:

1. Определены координаты и вычислена орбита кометы 17P/Холмса. Исследованы условия деления ядра кометы, определены скорость разлета фрагментов и момент деления ядра.
2. Определены координаты, орбита, блеск и кривые блеска, эффективный диаметр ядра, показатели цвета кометы 41P/Туттля - Джакобини - Кресака. Выполнен сопоставительный анализ полученных результатов с имеющимися данными по кометам из различных популяций, и интерпретация результатов.
3. Определены координаты, орбита, блеск, кривые блеска, эффективный диаметр ядра, показатели цвета кометы 29P/Швассмана- Вахмана 1, относящейся к активным объектам группы Кентавров. Мониторинг проведен в период вспышечной активности кометы. По методу выделения низко контрастных структур в кометной коме построены изображения кометы, к которым применен алгоритм Ларсона-Секанины [7]. Изучена морфология и выявлены пылевые структуры в коме кометы. Выполнен сопоставительный анализ полученных результатов с имеющимися данными по кометам из различных популяций, дана интерпретация результатов.
4. Определены координаты и орбиты потенциально опасных астероидов 2014 JO25 и 418094 (2007 WV4) с использованием данных квазисинхронных наблюдений Уссурийской астрофизической обсерватории ДВО РАН, Гиссарской обсерватории (ГисАО) и обсерватории Санглох ИА АН РТ, Звенигородской обсерватория Института астрономии РАН, Пулковской обсерватории и Горной астрономической станции ГАО РАН. Показана эффективность проведенной кампании квазисинхронных наблюдений астероидов для определения координат и вычисления орбит. Выявлено, что при имеющейся точности астрометрических наблюдений для построения орбиты параллактический угол должен составлять не менее 10 угловых минут, а продолжительность одновременных наблюдений двух обсерваторий должна быть не менее одного часа.

5. По данным наблюдений в обсерваториях Института астрофизики АН РТ (ИА АН РТ) построена первоначальная орбита астероида 2014 JO25 и выполнено ее улучшение.
6. Определены физические особенности астероидов 2014 JO25 и 418094 (2007 WV4): видимый и абсолютный блеск, кривые блеска, период вращения, эффективный диаметр, показатели цвета и предположительная минералогия, проведен анализ и интерпретация результатов.
7. Выполнен сопоставительный анализ точности астрометрической обработки изображений с использованием различных программных пакетов.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Определены координаты и орбита кометы 17P/Холмса по наблюдениям, выполненным в период ее вспышки. Установлена фрагментация ядра и исследованы условия его деления. Установлено время распада ядра и определена скорость разлета фрагментов ядра. На основе полученной оценки скорости и ее сопоставления со скоростями, обусловленными различными механизмами деления ядра, сделано предположение, что причиной деления ядра кометы 17P/Холмса и, как следствие, вспышки блеска, явилось столкновение кометы с другим космическим объектом.
2. Определены координаты, орбита, видимый и абсолютный блеск, и показатели цвета кометы 41P/Туттля - Джакобини - Кресака по квазисинхронным наблюдениям в двух обсерваториях. Получена оценка диаметра кометы. Интерпретация результатов и сравнительный анализ полученных новых данных с имеющимися данными по этой комете и кометам других семейств указывают на принадлежность кометы 41P/Туттля - Джакобини - Кресака к активным кометам семейства Юпитера.
3. Определены динамические и физические свойства кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 по наблюдениям, выполненным в период вспышечной активности кометы. Изучена морфология и выявлены пылевые структуры в коме кометы. На основе полученных характеристик и их сопоставления с имеющимися данными по кометам других семейств подтверждена принадлежность кометы к активным объектам группы Кентавров. Выброс нейтрального газа СО вследствие кристаллизации аморфного льда на поверхности ядра рассмотрен как один из наиболее вероятных механизмов, ответственных за кометную активность на больших гелиоцентрических расстояниях. Показано, что увеличение газопродуктивности влечет за собой усиление

пылеобразования, что приводит к резкому увеличению блеска объекта, т.е. к вспышке.

4. Методом триангуляции определены положения и орбита потенциально опасного астероида 2014 JO25 по данным квазисинхронных наблюдений шести обсерваторий в период его сближения с Землей. Определены координаты и вычислена орбита астероида по данным наблюдений двух обсерваторий ИА АН РТ, выполнено улучшение первоначальной орбиты. Определены видимый и абсолютный блеск, эффективный диаметр, период вращения и показатели цвета астероида. Предположена таксономическая классификация, свойственная астероидам групп G,V или Q.
5. Определены положения и видимый блеск потенциально опасного астероида 418094 (2007 WV4) по данным квазисинхронных наблюдений трех обсерваторий в период его сближения с Землей. Найдены координаты и вычислена орбита по наблюдениям в Гиссарской астрономической обсерватории ИА АН РТ. Установлены видимый и абсолютный блеск, эффективный диаметр и период вращения объекта.
6. Выполнен сопоставительный анализ точности получаемой астрометрической обработки с использованием различных программ. Показана приемлемая точность астрометрических измерений, полученная вследствие адаптации и внедрения программного пакета АПЕКС-II [7] для астрометрии (и фотометрии) изображений объектов.

Научная новизна

1. Зарегистрированы вспышечная активность и деление ядра кометы 17P/Холмса в период наблюдений в октябре-ноябре 2007 г. Установлен момент фрагментации ядра и определена скорость разлета фрагментов, согласующаяся с другими данными [9-11]. Оценка скорости разлета фрагментов подтверждает предположение, что деление ядра явилось результатом его столкновения с другим объектом. Вычислена орбита кометы после деления ядра и показано, что она сохранила стабильность, следовательно, столкновение не было катастрофичным, и не привело к изменению элементов орбиты.
2. По наблюдениям кометы 41P/Туттля - Джакобини - Кресака в 2017 г. в двух обсерваториях ИА АН РТ определены координаты и вычислена орбита, согласующаяся с орбитой MPC. Показано, что сближение с Землей на минимальное расстояние не повлияло на стабильность орбиты кометы. Найдены показатели цвета кометы, на основе их сопоставительного анализа с величинами для комет других семейств и с учетом динамических свойств подтверждена принадлежность

41P/Туттля - Джакобини - Кресака к кометам семейства Юпитера. Эффективный диаметр, найденный из наблюдений, является фотометрической оценкой, и размер ядра нуждается в дальнейшем уточнении.

3. В период наблюдений кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 впервые в 2017 г. зарегистрирована вспышечная активность на больших гелиоцентрических расстояниях. Построена морфология кометы и в ее коме выявлены две пылевые структуры, подтверждающие активную фазу, проявившуюся в виде выброса пыли. Предложен механизм, ответственный за наблюдаемую активность и объясняющий причины выброса пылевых частиц на больших гелиоцентрических расстояниях. Орбита, вычисленная по найденным координатам, и показатели цвета 29P/Швассмана-Вахмана 1, определенные из фотометрии, соответствуют активным объектам группы Кентавров.
4. Впервые в результате квазисинхронных наблюдений шести обсерваторий двух потенциально опасных астероидов методом триангуляции найдены их координаты и вычислены орбиты. Первоначальная орбита астероида 2014 JO25 по наблюдениям в двух обсерваториях ИА АН РТ была улучшена, в результате получена орбита близкая к орбите MPC. На основе найденных показателей цвета и таксономической классификации впервые предложен минералогический состав астероида.
5. Значительно улучшено качество и точность определения координат и звездных величин объектов, благодаря впервые внедренному в ИА АН РТ программному пакету АПЕКС-II для астрометрической и фотометрической обработки изображений объектов.
6. С помощью телескопа Цейсс-1000, восстановленного и модернизированного в 2016 году в Международной астрономической обсерватории Санглох ИА АН РТ впервые выполнены многоцветные наблюдения избранных комет и астероидов, подтверждающие приемлемость использования инструмента для наблюдений малых тел Солнечной системы и пополнения базы данных Центра Малых Планет.

Научная и практическая значимость

Всестороннее исследование физико-динамических особенностей малых тел Солнечной системы по данным оптических наблюдений имеет не только фундаментальное значение для установления их происхождения и взаимосвязей, но и важное прикладное значение.

1. Результаты исследования нестационарной активности кометы 17P/Холмса и выявление обстоятельств вспышки и деления ядра

имеют важное значение для изучения такой активности в случаях ее проявления у других комет. Такие события нередки, и для лучшего понимания их природы необходимо иметь больше данных по индивидуальным случаям. Оценка скорости разлета фрагментов, найденная из наблюдений, необходима для установления однозначной причины деления ядра в других отдельно рассматриваемых явлениях.

2. Использованный подход для подтверждения принадлежности кометы 41P/Туттля-Джакобини-Кресака к семейству Юпитера, учитывающий и динамические, и физические свойства кометы, найденные из наблюдений, может быть применен и для других комет.
3. Результаты исследования кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 имеют большое значение для лучшего понимания динамики и природы активных объектов группы Кентавров. Для получения всесторонних сведений об этих объектах с двойственными свойствами необходимо детально изучать каждый из них отдельно. Предложенный механизм ответственный за активность на больших гелиоцентрических расстояниях может быть применен к другим объектам с аналогичной активностью.
4. Результаты квазисинхронных наблюдений способствуют определению триангуляционным методом точных положений объектов и вычисления их орбит, что является особенно актуальным для потенциально опасных астероидов, поскольку для прогноза их движений необходимы наиболее точные сведения об их орбитах.
5. Полученные из наблюдений новые результаты о физических и динамических свойствах комет и астероидов существенно дополняют имеющиеся в различных базах данные по этим объектам. Они необходимы для решения современных проблем астрономии, связанных с изучением условий образования Солнечной системы, для определения источников происхождения и выявления связей между малыми телами Солнечной системы, с исследованием обстановки в околоземном космическом пространстве.
6. Результаты исследований важны при планировании и выполнении космических миссий, необходимы для решения проблемы астероидно-кометной опасности для Земли, в постановке новых научных задач во время проведения наблюдений АСЗ космическими аппаратами.

Достоверность

Научные результаты и выводы, полученные в работе, достоверны, основываются на фактическом наблюдательном материале и на использовании современных объективных методов исследований, как

разработанных в ИА АН РТ и в ведущих зарубежных астрономических учреждениях, так и новых, разработанных диссертантом. Первоначальные данные объектов, избранных для исследования, взяты из астрономических баз данных NEODYS, JPL Small-Body Database, NEOWISE [12-14], и др. Методы и результаты, полученные на их основе, уже апробированы и доказали свою высокую степень достоверности и надежности.

Сравнительный анализ всех полученных результатов с соответствующими опубликованными результатами по наблюдениям и по теоретическим исследованиям, с применением разных методов, показал хорошее соответствие между ними, что также подтверждает достоверность результатов, представленных к защите.

Различные аспекты работы, положенные в основу диссертации, прошли экспертизу и выполнялись по темам научных исследований Отдела физики комет и астероидов Института астрофизики АН РТ.

Апробация работы

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных семинарах «Малые тела Солнечной системы» Института астрофизики АН РТ, ИКИ РАН, Шемахинской Астрофизической Обсерватории им. Н.Туси, Азербайджан, а также были представлены на научных республиканских и международных конференциях:

- Международная конференция «Состояние и перспективы астрономических исследований в Таджикистане», посвященная 75-летию Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, 22-23 ноября 2007 г.,
- Международная конференция «Современные проблемы физики», ФТИ им. С. Умарова АН РТ, Душанбе, 29-30 октября 2010 г.,
- Международная конференция стран СНГ «50 лет космической эры-реальные и виртуальные исследования неба», Армения, Ереван, 21-25 ноября 2011 г.,
- Международная научно – практическая конференции «Физика и динамика малых тел Солнечной системы», посвященная 80-летию Института астрофизики АН РТ, Душанбе 29 – 31 октября 2012 г.,
- 40th COSPAR Scientific Assembly 2014, Russia, Moscow, August 3-9, 2014,
- Международная конференция «Околоземная астрономия 2015», Россия, п. Терскол, Кабардино-Балкария, 31 августа – 5 сентября 2015 г.,
- Международная конференция «VI Бредихинские чтения», Россия, Заволжск, 4-8 сентября 2017 г.,
- Международная астрометрическая конференция «Пулково-2018», ГАО РАН, Россия, Санкт-Петербург, 1-5 октября 2018 г.,
- Meteoroids 2019, Bratislava, Slovakia, June 17 – 21, 2019,
- Международная научная конференция «Околоземная астрономия и космическое наследие 2019», Россия, Республики Татарстан, г. Казань, 30 сентября – 4 октября 2019 г.

Личный вклад автора

Автор в равной степени с другими соавторами участвовал в постановке задач, адаптации и внедрении программы Апекс-II, разработке методов наблюдений, определения параметров и их исследования, проведении вычислений, получении и представлении результатов и выводов.

В частности:

1. Весь наблюдательный материал, использованный в диссертации, был получен при личном участии автора.

2. Автором был изучен, адаптирован и впервые внедрен для использования на обсерваториях ИА АН РТ программный пакет АПЕКС II обработки изображений, что позволило существенно усовершенствовать астрометрическую обработку наблюдений.

3. Разработал оригинальную методику измерения скорости разлета фрагментов по изображениям кометы.

4. Выполнил обработку наблюдательного материала, измерил изображения, вычислил координаты, орбиты и физические параметры объектов.

5. Исследовал динамические и физические свойства избранных комет и астероидов.

Обсуждение полученных результатов проводилось совместно с научным руководителем Г.И. Кохировой и научным консультантом Х.И. Ибадиновым, а также с остальными соавторами. Публикации и доклады на конференциях были подготовлены или самостоятельно или в равных долях с другими соавторами. В вычислениях, анализе и интерпретации результатов автору принадлежит равный с соавторами вклад.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 168 работ. Общий объем диссертации 162 страницы, в том числе 29 рисунков и 58 таблиц.

Список публикаций по теме диссертации включает 12 работ в научных изданиях, 4 из которых входят в Перечень ВАК, в том числе 2 журнала индексируемых в Web of Science и Scopus.

Содержание работы

Во Введении даются краткие определения объектов исследования, обоснована актуальность темы, определены основные цели диссертации и пути их достижений, сформулированы основные положения, вынесенные на защиту, отмечена научная новизна, кратко описано содержание диссертации.

В первой главе рассматривается текущее состояние проблемы изучения комет и астероидов, и методы обработки оптических наблюдений

комет и астероидов. В §1.1 приведены имеющиеся результаты наблюдений комет и астероидов и задачи, которые еще не решены. В §1.2 дано краткое описание метода астрометрической обработки оптических наблюдений комет и астероидов, а также имеющиеся программные пакеты астрометрической обработки, рассмотрены общности и различия в обработке изображений комет и астероидов. Приведены методы определения координат и вычисления орбит объектов. В §1.3 дано краткое описание метода фотометрической обработки изображений комет и астероидов, определения звездных величин и других физических свойств объектов. В §1.4 приведены результаты анализа точности астрометрии с помощью двух известных программных пакетов (рис.1). После восстановления и модернизации телескопа Цейсс-1000 в Международной астрономической обсерватории Санглох ИА АН РТ (МАОС) в 2016 г. появилась возможность его использования в наблюдениях околоземных объектов наряду с телескопом АЗТ-8 Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО). Хотя результаты астрометрии с использованием двух программ свидетельствуют об их приемлемой точности и соответствии критериям точности, принятых в международных базах данных, программный пакет АПЕКС II [8], впервые внедренный для обработки изображений в ИА АН РТ, обеспечил лучшую точность получаемых положений объектов.

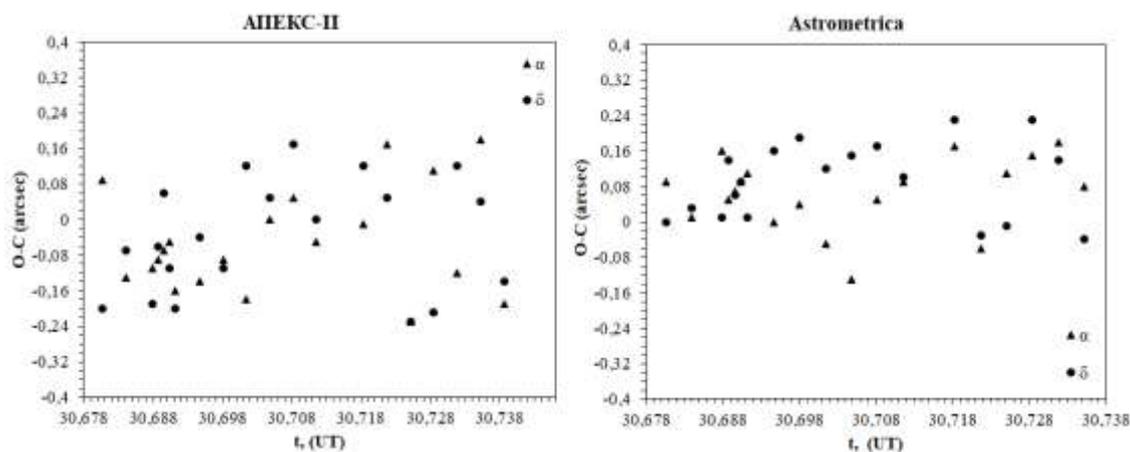


Рис.1. Зависимость (О-С) экваториальных координат астероида (596) Шейла от времени, найденная с использованием ПП АПЕКС-II и Astrometrica.

Глава 1 завершается выводами и результатами исследования в данном разделе.

Во второй главе приведены результаты наблюдений короткопериодических комет. В §2.1 приведены результаты наблюдений кометы 17P/Холмса в октябре-ноябре 2007 г., в этот период были зарегистрированы одновременно вспышка яркости кометы и деление ее ядра (рис. 2). Определен момент фрагментации ядра кометы $24^{\text{d}}.1 \pm 1.1$ октября 2007 г. (UT), по данным [11] $24^{\text{d}}.3 \pm 1.2$ октября 2007 г. (UT). Получена оценка скорости разлета фрагментов ядра $v=107 \pm 35$ м/с, которая согласуется с оценками по другим наблюдениям: $v=135 \pm 1$ м/с [9], $v=132 \pm 4$ м/с [10], $v=125 \pm 53$ м/с [11]. Известно,

что, как правило, нормальное разделение ядра сопровождается скоростью разлета фрагментов порядка нескольких м/с [15,16]. В качестве причин разделения ядра кометы предложены несколько механизмов, в которых учитываются приливные, термические и вращательные силы. Показано, что даже с учетом этих сил, скорость разлета фрагментов не превышает нескольких десятков м/с [17]. В работе [18] показано, что скорость разлета осколков в результате вращательной дезинтеграции ядра составляет в среднем 0.5 м/с. Скорость разлета фрагментов кометы 17P/Холмса оказалась на два порядка выше рассмотренных оценок. Принимая во внимание имеющиеся пределы скоростей и гелиоцентрическое расстояние кометы 2.5 а.е. на момент наблюдений, что соответствует положению Главного пояса астероидов, сделано предположение, что с очень высокой вероятностью, причиной деления ядра кометы 17P/Холмса является столкновение с небольшим астероидным телом или крупным метеороидом. Вычислена орбита кометы после деления ядра и показано, что она сохранила стабильность, следовательно, столкновение не было катастрофичным, и не привело к изменению элементов орбиты.

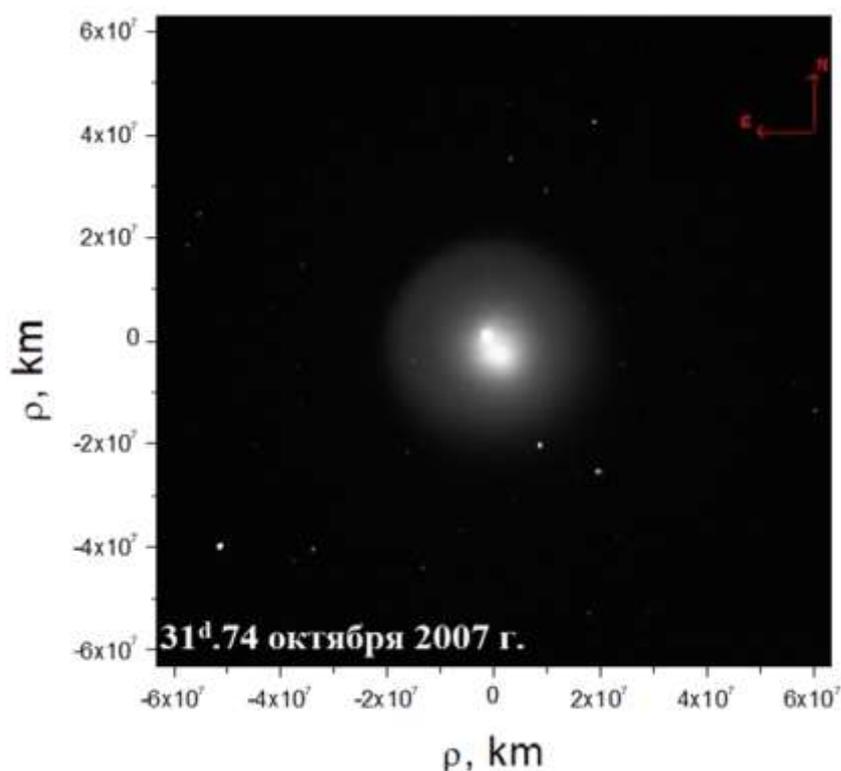


Рис. 2. Изображение кометы 17P/Холмса, полученное 31^d, 74 октября 2007 г. на телескопе АЗТ- 8 ГисАО.

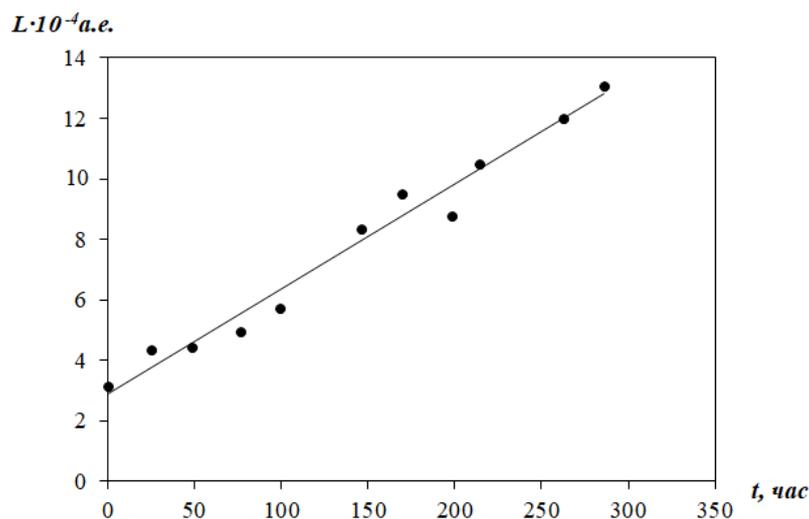


Рис.3. Изменение расстояния фрагмента от центра ядра кометы 17P/Холмса со временем наблюдений.

В §2.2 рассмотрены результаты квазисинхронных наблюдений кометы 41P/Туттля-Джакобини-Кресака в МАОС и ГисАО. Анализ астрометрических измерений показывает достаточно хорошую точность определения координат по наблюдениям как в МАОС, так и в ГисАО, при этом данные двух телескопов хорошо согласуются между собой (табл. 1). Об этом свидетельствуют и элементы орбит, вычисленные по трем разным наблюдениям и различающиеся в пределах ошибок измерений. Многоцветные наблюдения в ГисАО позволили определить блеск кометы в широкополосных фильтрах *BVRI* (стандартная фотометрическая система Джонсона-Козинса) и построить кривые блеска. Найдена абсолютная звездная величина кометы, которая практически не изменялась в период наблюдений [19]. Поскольку комета наблюдалась в период сближения с Землей на минимальном расстоянии и вблизи перигелия, и, следовательно, находилась в активной фазе, нам удалось оценить фотометрический диаметр ядра кометы. Размер ядра, найденный из наблюдений, отличается от имеющейся оценки [20], следовательно, может быть рассмотрен как фотометрический диаметр, либо существующая оценка является устаревшей и размер ядра нуждается в дальнейшем уточнении. Найденные нами показатели цвета кометы соответствуют средним значениям для активных комет семейства Юпитера (табл. 2).

Таблица 1. Точность позиционных наблюдений кометы 41P/Туттля-Джакобини-Кресака

Дата	$(O-C)_\alpha$	σ_α	$(O-C)_\delta$	σ_δ
16.04.2017	-0.918"	0.095"	-0.717"	0.077"
18.04.2017	-0.197"	0.041"	-0.471"	0.076"
19.04.2017	-0.088"	0.073"	-0.604"	0.026"
22.04.2017	-0.825"	0.035"	-0.999"	0.019"

23.04.2017	-0.221"	0.053"	-0.497"	0.032"
25.04.2017	-0.421"	0.073"	-0.501"	0.041"

Таблица 2. Показатели цвета кометы 41P/Туттля-Джакобини-Кресака в сравнении с данными для различных объектов Солнечной системы

Колор-индекс	41P/Туттля-Джакобини-Кресака, данная работа, 2017 г.					Active JFC		Active LPC	Kuiper belt objects	Солнце
	18.04	19.04	22.04	23.04	25.04	[21]	[22]	[21]	[21]	[23]
B-V	0.77	0.72	0.70	0.71	0.70	0.74	0.75	0.78	0.93	0.65
V-R	0.47	0.46	0.47	0.47	0.46	0.46	0.47	0.47	0.57	0.35
R-I	0.43	0.42	0.42	0.43	0.44	0.44	0.43	0.42	-	0.28
B-R	1.20	1.18	1.17	1.20	1.16	1.10	1.22	1.23	1.52	-

В §2.3 приведены результаты наблюдений кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 в МАОС в период вспышечной активности в 2017 году. Комета включена в группу кентавров, объектов имеющих двойственные свойства, и периодически проявляет активность на больших гелиоцентрических расстояниях. Определены экваториальные координаты кометы, оценена точность астрометрических измерений для каждой координаты и вычислена орбита кометы на момент наблюдений. Элементы полученной орбиты соответствуют орбите MPC и свидетельствуют о стабильности движения 29P/Швассмана-Вахмана 1 на момент наблюдений. Определены видимые и абсолютные звёздные величины в фильтрах *BVRI*, построены кривые блеска и показано, что в период мониторинга комета проявила вспышечную активность, но абсолютная звездная величина кометы постепенно ослаблялась в конце наблюдений. Показатели цвета кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 по наблюдениям в МАОС хорошо согласуются со средними показателями цвета активных объектов группы кентавров и объектов пояса Койпера [21-24]. Выявлен сдвиг максимума излучения в красную часть спектра, что предполагает преобладающий вклад пылевых частиц в образование комы. Получены оценки размера ядра, причем удалось измерить эффективный диаметр ядра (табл. 3). Однако, величина геометрического альбедо для кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 достоверно не установлена, в литературе имеются два предположительных значения альбедо $A=0.13$ и $A=0.033$ и, соответственно, две оценки размера $D=40$ км и $D=104$ км [20,25-27]. Согласно базе данных [27] для 29P/Швассмана-Вахмана 1 $A=0.033$ и $D=64$ км. Оценки диаметра получены нами с использованием обеих величин альбедо и вполне соответствуют имеющимся данным, однако альбедо и размер ядра нуждаются в уточнении.

Таблица 3. Оценка размера ядра кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 по наблюдениям в МАОС

Дата, 2017	r , а.е.	Δ , а.е.	ph , град.	m_V , зв.вел.	$m_V(1,1,0)$, зв.вел.	D , км (A=0.13)	D , км (A=0.033)
28.07	5.829	4.842	2.583	16.88±0.04	9.54±0.04	45.68±0.08	91.37±0.08
29.07	5.828	4.838	2.403	16.91±0.05	9.57±0.05	44.89±0.08	89.78±0.08
30.07	5.828	4.834	2.223	16.92±0.05	9.60±0.05	44.37±0.08	88.74±0.08
31.07	5.828	4.831	2.042	16.97±0.04	9.65±0.03	43.34±0.08	86.68±0.08
01.08	5.828	4.828	1.860	16.92±0.04	9.61±0.04	44.08±0.08	88.17±0.08

В §2.3.3 исследована морфология комы кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 и выявлены две пылевые структуры (рис.4). Наши наблюдения и, как результат, выявленная морфология комы кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1, вновь подтверждают способность таких объектов проявлять активность на сравнительно больших гелиоцентрических расстояниях. Рассмотрен возможный механизм такой активности [24] и показано, что с высокой вероятностью причина вспышки связана с интенсивным выбросом нейтрального газа CO с поверхности ядра. Газ может высвобождаться в результате кристаллизации аморфного льда на поверхности ядра. Интенсивный выброс нейтрального CO был зарегистрирован по наблюдениям кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 в субмиллиметровом диапазоне [28]. Увеличение газопродуктивности влечет за собой усиление пылеобразования, что приводит к резкому увеличению звездной величины объекта, т.е. к вспышке.

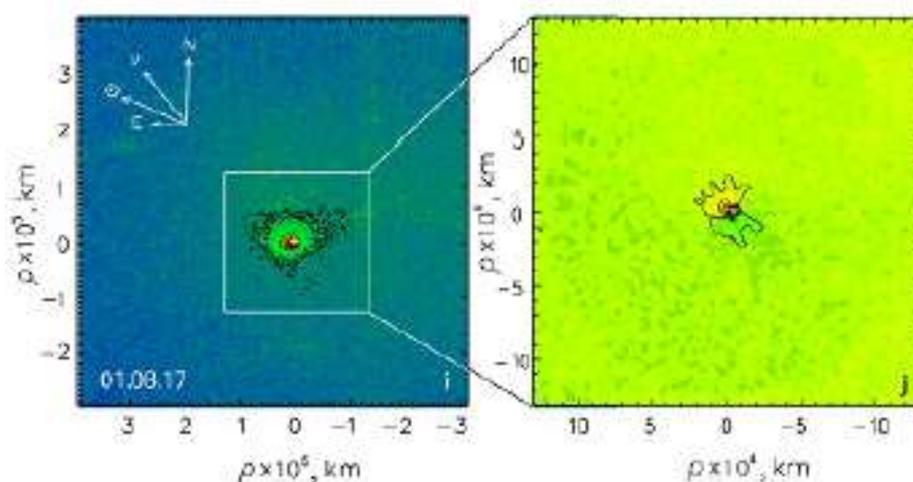


Рис. 4. Изображения кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1, полученные 1 августа 2017 года. Кадр i (слева) представляет интенсивность изображения, к которому был применен алгоритм Ларсона-Секанины [7,29]. Направления на Север (N), Восток (E) и к Солнцу (☉), а также направление вектора скорости (V) указаны на прямом кадре (справа).

Глава 2 завершается выводами, полученными на основе исследований в данном разделе.

Третья глава посвящена исследованию динамических и физических свойств астероидов, сближающихся с Землей и классифицированных как потенциально опасные объекты. В §3.1 приведена методика определения прямоугольных гелиоцентрических координат объекта по его синхронным наблюдениям в двух обсерваториях с известными координатами. Приведены результаты квазисинхронных наблюдений астероида 2014 JO25 пятью обсерваториями РАН и двумя обсерваториями ИА АН РТ - МАОС (193) и ГисАО (190). Определены координаты объекта и средняя точность астрометрических наблюдений в разных обсерваториях. Вычислена первоначальная орбита астероида на основе комбинации наблюдений различных обсерваторий и показано, что лучший результат получен из квазисинхронных наблюдений астероида 2014 JO25 в обсерватории С20 (Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск) и С15 (Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН). Вычисленные элементы орбиты приведены в табл. 4, где также дана комбинация 190 (ГисАО)- С15 (Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН).

Таблица 4. Элементы орбиты астероида 2014 JO25 на эпоху JD2458000.5, опубликованные на сайте MPC, а также полученные на основе базисных наблюдений двух пар обсерваторий

	M	ω , град.	Ω , град.	i , град.	e	a , а.е.
MPC	58.7888	49.5713	30.6528	25.2699	0.885433	2.0682656
С20 – С15	59.1440	49.8111	30.6393	25.5186	0.883973	2.0607208
190 – С15	63.7368	59.1654	30.6582	24.6433	0.836446	1.9833417

Таблица 5. Элементы орбиты астероида 2014 JO25, улучшенной по наблюдениям Гиссарской обсерватории, и её сравнение с орбитой MPC на эпоху текущего каталога JD2458000.5

Элементы	Улучшенные	MPC	χ
M , град.	58.78855	58.78885	0.00030
ω , град.	49.57144	49.57132	-0.00012
Ω , град.	30.65267	30.65279	0.00012
i , град.	25.26982	25.27014	0.00032
e	0.8854329	0.8854328	-0.0000001
a , а.е.	2.06827439	2.06826011	-0.00001428
q , а.е.	0.23695629	0.23695540	-0.00000089

Таблица 6. Элементы орбиты астероида 2014 JO25, улучшенной по наблюдениям обсерватории Санглох, и её сравнение с орбитой MPC на эпоху текущего каталога JD2458000.5

Элементы	Улучшенные	MPC	χ
M , град.	58.788657	58.788847	0.000190
ω , град.	49.571414	49.571320	-0.000094
Ω , град.	30.652718	30.652789	0.000071
i , град.	25.270154	25.270141	-0.000013
e	0.8854328	0.8854328	0.0000000
a , а.е.	2.06827119	2.06826011	-0.00001108
q , а.е.	0.23695598	0.23695539	-0.00000059

Сделан вывод, что при имеющейся точности астрометрических наблюдений для построения орбиты параллактический угол должен составлять не менее 10 угловых минут, а продолжительность совместных наблюдения двух обсерваторий должна быть не менее одного часа. В §3.1.1-3.1.2 исследованы динамические особенности астероида по наблюдениям в обсерваториях ИА АН РТ. Определены координаты и точности их определений в двух обсерваториях. Первоначальная орбита вычислена отдельно по данным ГисАО и МАОС. Затем первоначальные орбиты были улучшены модифицированным методом Хергета в ПП ЭПОС [30], результаты приведены в табл. 5 и 6, где в последнем столбце приведены величины разности между вычисленной нами орбитой и орбитой MPC, обозначенные как χ . Показано, что в данном мониторинге наблюдения ГисАО имели большую точность по сравнению с обсерваторией Санглох. Общий результат достаточно хорошо соответствует орбите MPC, которая была получена без использования указанных данных.

В §3.1.3 приведены результаты фотометрической обработки и определения физических свойств астероида 2014 JO25. Найдены видимый и абсолютный блеск астероида в системе $BVRI$ и построены кривые блеска. Показано, что видимые звездные величины за весь период наблюдений постепенно снижались, что объясняется тем, что астероид удалялся и от Солнца и от наблюдателя, но абсолютные звездные величины с учетом ошибок измерений варьировали вблизи эфемеридного значения (рис.5). Определены показатели цвета и с использованием таксономической классификации астероидов по Д.Толену сделано предположение о принадлежности астероида 2014 JO25 к классам G, V или Q.

Получены оценки эффективного диаметра по данным наблюдений в МАОС и ГисАО, когда астероид наблюдался на практически одинаковых фазовых углах, величины диаметра - почти 1 км согласуются между собой, и весьма близки к оценкам, имеющимся в литературе (табл. 7). По нашим наблюдениям определен период вращения астероида равный 5.5 ч., что также очень близко к имеющимся оценкам периода.

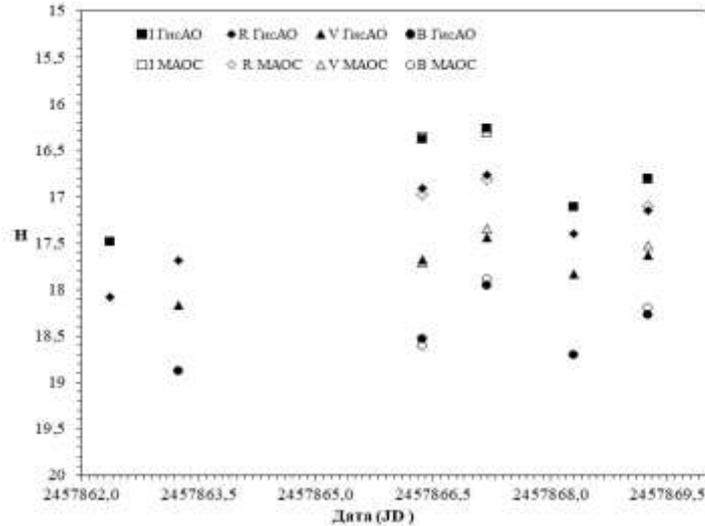


Рис.5. Абсолютные звёздные величины (средние значения) в фильтрах BVRI астероида 2014 JO25 по наблюдениям в ГисАО и МАОС 19-25 апреля 2017 г.

Таблица 7. Оценка диаметра астероида 2014JO25 по наблюдениям в ГисАО и МАОС в 2017 г.

Дата (UT)	r , а.е.	Δ , а.е.	hp , град.	H_R , зв.вел.	D , км
ГисАО					
апр.18,18.84	0.993752	0.018409	124.5148	18.47±0.11	0.54±0.03
апр.19,17.34	1.010417	0.012373	61.4265	17.39±0.04	0.88±0.02
апр.22,20.89	1.065298	0.066047	24.2111	16.79±0.02	1.16±0.01
апр.23,19.25	1.081239	0.083906	24.8053	16.37±0.03	1.41±0.02
апр.24,17.75	1.097170	0.102011	25.3646	17.23±0.06	0.95±0.03
апр.25,17.52	1.113905	0.121278	25.9028	16.84±0.03	1.14±0.02
МАОС				H_R , зв.вел.	D , км
апр.19,20.00	1.012383	0.013220	53.5958	-	-
апр.22,21.10	1.065298	0.066047	24.2111	16.86±0.08	1.13±0.04
апр.23,19.25	1.081239	0.083906	24.8053	16.81±0.01	1.15±0.01
апр.25,18.42	1.114487	0.121954	25.9239	17.08±0.03	1.02±0.01

В §3.2 приведены результаты квазисинхронных наблюдений потенциально опасного астероида (418094) 2007 WV4, выполненных несколькими обсерваториями РАН, а также в МАОС и ГисАО в период его сближения с Землей на минимальное расстояние. Видимая скорость движения астероида в момент наибольшего сближения с Землей достигала сотен угловых секунд в минуту, и это сильно затруднило как наблюдения, так и обработку. Кроме того, промежуток времени общих наблюдений в силу разных обстоятельств был очень короткий – около полчаса и поэтому

вычислить орбиту достаточной точности по квазисинхронным наблюдениям не удалось. Были определены координаты и построена небесная траектория. В §3.2.1 даны результаты астрометрической обработки отдельно наблюдений в ГисАО, определены координаты астероида и оценена точность астрометрии, позволившая вычислить орбиту, результат соответствует орбите MPC (табл. 8).

В §3.2.2 приведены результаты фотометрической обработки изображений астероида, определен видимый и абсолютный блеск в фильтре R , а также оценен его размер. Показано, что в период наблюдений абсолютные звездные величины астероида были близки к эфемеридному значению, и их величина практически не изменялась. Оценка диаметра, полученная при значении геометрического альbedo 0.045 [31] и приведенная в табл. 9, вполне согласуется с имеющимися данными 0.85 км [32]- 0.9 км [33].

Таблица 8. Сравнение первоначальной орбиты астероида 2007 WV4 полученной по наблюдениям обсерватории ГисАО, и орбиты MPC (J2000.0)

Элементы орбиты	ГисАО [данная работа]	[34]
Кол-во положений, использованное для вычисления орбиты	150	350
T	JD 2457860.1372	JD 458522.0757
$Эпоха$	JD 2457934.5	JD 2458600.5
e	0.441928 \pm 0.00058	0.441028
a , а.е.	1.485943 \pm 0.00038	1.486458
q , а.е.	0.830636 \pm 0.00014	0.830888
i , град.	38.333471 \pm 0.00058	38.33365
ω , град.	249.905541 \pm 0.00094	249.89962
Ω , град.	297.636971 \pm 0.00038	297.646391
n , град./сут.	0.544237 \pm 0.00081	0.543844
σ "	0".288	0".420

Таблица 9. Видимые и абсолютные звездные величины, и оценка диаметра астероида 2007 WV4

Дата, 2017 г.	r , а.е.	Δ , а.е.	ph , град.	m_R , зв.вел.	H_R , зв.вел.	D ,км
1 июня	0.997	0.020	143.9	18.30 \pm 0.07	19.31 \pm 0.02	0.89 \pm 0.02
2 июня	1.003	0.024	115.8	16.18 \pm 0.09	19.68 \pm 0.03	0.75 \pm 0.03
4 июня	1.016	0.045	86.8	16.12 \pm 0.09	19.77 \pm 0.03	0.72 \pm 0.03
5 июня	1.022	0.057	80.5	15.99 \pm 0.02	19.34 \pm 0.01	0.89 \pm 0.01

Глава 3 завершается выводами исследования в данном разделе.

В **Заключении** кратко сформулированы основные результаты и выводы, полученные в ходе выполнения диссертации, а также некоторые рекомендации для дальнейших исследований по теме диссертации.

Список литературы содержит все опубликованные источники, используемые в работе.

В **Приложении** приведен список сокращений, использованных в диссертации.

Список публикаций по теме диссертации

1. Kokhirova G.I., Ivanova A.V., Rakhmatullaeva F.Dzh., **Buriev A.M.**, Khamroev U.Kh. Astrometric and Photometric Observations of comet 29P/Schwassmann-Wachmann 1 at the Sanglokh International Astronomical Observatory//Planetary and Space Science. – 2020. – Vol. 181. –104794 (6 p.). (WoS/Scopus).
2. Кохирова Г.И., Иванова А.В., Рахматуллаева Ф.Дж., Хамроев У.Х., **Буриев А.М.**, Абдуллоев С.Х. Результаты комплексных наблюдений астероида (596) Scheila в Международной астрономической обсерватории Санглох//Астрон. вестник. – 2018. – Т 52. - № 6. – С. 511–520. (ВАК).
3. Кохирова Г.И., **Буриев А.М.**, Анализ точности астрометрической обработки наблюдений с использованием различных программ//ДАН РТ. – 2019. – Т. 62. - № 7–8. – С 424–432. (ВАК).
4. Кохирова Г.И., Хусарик М., Карташова А.П., Иванова А.В., Баканас Е.С., Соколов И., Хамроев У.Х., **Буриев А.М.** Результаты квазисинхронных наблюдений астероида Фазтон//ДАН РТ. – 2019. – Т. 62. - № 9–10. – С 546–552. (ВАК).
5. Ибадинов Х.И., **Буриев А.М.** Распад ядра кометы 17P/ Холмса//ДАН РТ. – 2009. – Т. 52. - № 9. – С. 685–688.
6. Кохирова Г.И., Крючков С.В., Николенко И.В., Хамроев У.Х., **Буриев А.М.**, Баканас Е.С., Девяткин А.В., Горшанов Д.Л., Мулло-Абдоллов А.Ш., Юсупов М.З., Абдуллоев С.Х. Наблюдения потенциально опасных астероидов в Таджикистане//Экологический вестник научных центров ЧЭС. – 2017. - №4. – Вып. 3. – С. 90–101.
7. Девяткин А.В., Горшанов Д.Л., Петрова С.Н., Башакова Е.А., Львов В.Н., Цекмейстер С.Д., Русов С.А., Иванов А.В., Вершков А. Н., Мартюшева А.А., Барабанов С.И., Ерофеев Д.В., Кохирова Г.И., Хамроев У.Х., **Буриев А.М.** Базисные наблюдения потенциально опасных астероидов в 2017 году//Экологический вестник научных центров ЧЭС. – 2017. - № 4. – Вып. 3. - С. 24–31.
8. Кохирова Г.И., Девяткин А.В., Хамроев У.Х., **Буриев А.М.**, Баканас Е.С., Горшанов Д.Л., Абдуллоев С.Х., Юсупов М.З., Мулло-Абдоллов А.Ш., Ибрагимов А.А., Сафаров А.Г. Наблюдения потенциально

- опасных астероида 2014JO25 Таджикистане//ДАН РТ. – 2017. – Т. 60. - № 10. - С. 490–500.
9. Кохирова Г.И., Львов В.Н., Цекмейстер С.Д., Горшанов Д.Л., Девяткин А.В., Хамроев У.Х., **Буриев А.М.** Определение орбиты астероида 2014JO25 по наблюдениям в Таджикистане//ДАН РТ. – 2018. – Т. 61. - № 5. – С. 440–446.
10. Кохирова Г.И., **Буриев А.М.**, Хамроев У.Х., Баканас Е.С., Мулло-Абдолов А.Ш., Абуллоев С.Х. Наблюдения кометы 41P/Туттля-Джакобини-Кресака в период ее сближения с Землей в астрономических обсерваториях Таджикистана//ДАН РТ. – 2018. – Т. 61. - № 7–8. – С. 620–631.
11. Кохирова Г.И., Иванова А.В., **Буриев А.М.**, Хамроев У.Х., Рахматуллаева Ф.Дж. Комплексные наблюдения кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 в обсерватории Санглох//ДАН РТ. – 2018. – Т. 61. - № 9–10. – С 742–751.

В трудах конференции:

1. Ibadinov K.I., **Buriev A.M.** Observations of the Splitting of the Nucleus of Comet 17P/Holmes in Tajikistan//Fifty years of Cosmic Era: Real and Virtual Studies of the Sky 21-25 Nov 2011, in Yerevan, Armenia. Editors. A.M. Mickaelian, O.Yu. Malkov, N.N. Samus. –Yerevan. – National Academy of Sciences of the Republic of Armenia (NAS RA). – 2012. – P. 67–70.

Цитируемая литература

1. Morbidelli A., Gladman B. Orbital and temporal distributions of meteorites originating in the asteroid belt//Meteoritics & Planetary Science. – 1998. – Vol. 33. № 5. – P. 999–1016.
2. Nemtchinov, I., Svetsov, V. V., Shuvalov, V. V. Main factors of hazards due to comets and asteroids.//Catastrophic events Caused by Cosmic Objects, Adushkin V.V., Nemtchinov I.V. (Eds.); Springer. – 2008. – P. 1–89.
3. Borovička J., Spurný P., Brown P., Wiegert P., Kalenda P., Clark D., Shrubený L. The trajectory, structure and origin of the Chelyabinsk asteroidal impactor//Nature. – 2013. – Vol. 503. – P. 235–237.
4. Popova, O.P., Jenniskens, P., Emel'yanenko, V. et al. 2013. Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery and Characterization//Science. - 2013. - Vol. 342, Issue 6162, 1069-1073.
5. Девяткин А.В. Комплексный анализ наблюдений тел Солнечной системы методами астрометрии и фотометрии//Автореферат диссертации на соискание ученой степени д. ф.-м. н. – 2011. – 40 с.
6. Медведов Ю.Д. Определение орбит астероидов, сближающихся с землей, по наблюдения первая оппозиции//Астрон. вестник. – 2011. – Т. 45. - № 5. – С. 396–401.

7. Larson S.M., Sekanina Z. Coma morphology and dust-emission pattern of periodic Comet Halley. I - High-resolution images taken at Mount Wilson in 1910//Astron. J. – 1984. – Vol. 89. – P. 571–578.
8. Девяткин А.В., Горшанов Д.Л., Куприянов В.В., Верещагина И.А. Программные пакеты «АПЕКС-I» и «АПЕКС-II» для обработки астрономических ПЗС-наблюдений//Астрон. вестник. – 2010. - № 1. – С. 74–87.
9. Montalto M., Riffeser A., Hopp U., Wilke S., Carraro G. The comet 17P/Holmes 2007 outburst: the early motion of the outburst material//Astron. and Astrophys. – 2008. – Vol. 479. – L45.
10. Lin Z.Y., Lin C.S., Weiler M., Rauer H., Ip W.H. The outburst of comet 17P/Holmes//Astron. J. – 2007. Vol. 138. – P. 625–632.
11. Stevenson R., Kleyna J., Jewitt D. Transient fragments in outbursting comet 17P/Holmes//Astron. J. – 2010. – Vol. 139. – P. 2230–2240.
12. NEODyS-2 – Near Earth Objects –Dynamic Site. URL: <http://newton.dm.unipi.it/neodyS> Дата обращения 08.12.2017.
13. JPL Small-Body Database Browser. URL: <https://ssd.jpl.nasa.gov> Дата обращения 20.01.2020
14. Near-Earth Object Wide-field Infrared Survey Explorer, URL: <https://www.nasa.gov/missionpages/neowise/main/index.html> Дата обращения 08.01.2020.
15. Sekanina Z. The problem of split comets in review//Comets. – 1982. – P. 251 – 287.
16. Рябова Г.О. Моделирование метеороидных потоков: Скорости выброса метеороидов из комет (обзор)//Астрон. вестник. - 2013, том 47, № 3, с. 236–256.
13. Sekanina Z., The problem of split comets revisited//Astron. and Astrophys. – 1997. – Vol. 318. – L5.
18. Agarwal, J., Jewitt, D., & Weaver, H. Dynamics of Large Fragments in the Tail of Active Asteroid P/2010 A2//Astrophys. J. – 2013. Vol. 769. - № 1. – P. 46.
19. Кохирова Г.И., Буриев А.М., Хамроев У.Х., Баканас Е.С., Мулло-Абдоллов А.Ш., Абуллоев С.Х. Наблюдения кометы 41P/Туттля-Джакобини-Кресака в период ее сближения с Землей в астрономических обсерваториях Таджикистана//ДАН РТ. – 2018. – Т. 61. - № 7–8. – С. 620–631.
20. Lamy P. L., Toth I., Fernandez Y. R., Weaver H. A. The Sizes, Shapes, Albedos, and Colors of Cometary Nuclei//Comets II/Eds. M. C. Festou, H. U. Keller, H. A. Weaver. Tucson: Univ. Arizona Press. – 2004. – P. 223–264.
21. Jewitt D. Color systematics of comets and related bodies//The Astron. J. – 2015. – Vol.150. - № 201. – P. 201–219.
22. Solonoi M. et al. Ensemble properties of comets in the Sloan Digital Sky Survey//Icarus. – 2012. – Vol. 218, Issue 1. – P. 571–584.
23. Holmberg J., Flynn C., Portinari L. The colours of the Sun//MNRAS. – 2006 – Vol. 367. – P. 449–453

24. Кохирова Г.И., Иванова А.В., Буриев А.М., Хамроев У.Х., Рахматуллаева Ф.Дж. Комплексные наблюдения кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 в обсерватории Санглох//ДАН РТ. – 2018. – Т. 61. - № 9–10. – С 742–751.
25. Cruikshank D.P., Brown R.H. The nucleus of comet P/Schwassmann-Wachmann 1//Icarus. – 1983. – Vol. 56. – P. 377 – 380.
26. Meech K.J., Belton M.J.S., Mueller B.E.A., Dickson M.W., Li H.R. Nucleus properties of P/Schwassmann-Wachmann 1//Astron. J. – 1993. – Vol. 106. –P. 1222–1236.
27. Jet Propulsion Laboratory – CNEOS (Center of Near Earth Object Studies): NEO Earth Close Approaches. URL: <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/> Дата обращения 08.12.2017.
28. Senay M., C., Jewitt D. Coma formation driven by carbon monoxide release from comet Schwassmann-Wachmann 1//Nature. – 1994. – P. 371–229.
29. Samarasinha N.H., Larson S.M. Image enhancement techniques for quantitative investigations of morphological features in cometary comat: A comparative study//Icarus. – 2014. – Vol. 239. – P. 168 – 185.
30. Львов В.Н., Цекмейстер С.Д. Использование программного пакета ЭПОС для исследования объектов Солнечной системы//Астрон. вестник. – 2012. - Т. 46. - № 2. - С. 190–192.
31. Mainzer A., Bauer J., Grav T., Masiero J. et. al., Preliminary Results from NEOWISE: An Enhancement to the Wide-field Infrared Survey Explorer for Solar System Science//The Astrophys. J. – 2011a. – Vol. 731, Issue 1. -№. 53, (pp.13).
32. Mainzer A., Grav T., Masiero J., Bauer J., et., al. Thermal model calibration for minor planets observed with wide-field infrared survey explorer/NEOWISE//The Astrophys. J. – 2011c. – Vol. 100, (9 pp).
33. Mainzer A., Grav T., Bauer J., Masiero J., McMillan R. S., et., al. NEOWISE Observations of Near-Earth objects: Preliminary Results//The Astrophys. J. – 2011b. – Vol. 743. - Issue 2. - № 156, (pp17).
34. The International Astronomical Union – Minor Planet Center. URL: https://minorplanetcenta.net/db_serch/show_object?utf8=%E2%9C%93&object_id=418094 Дата обращения 08.10.2019.

Благодарности

В заключении автор выражает глубокую признательность научному руководителю члену-корреспонденту АН РТ, д.ф.-м.н. Кохировой Г.И., и научному консультанту - члену-корреспонденту АН РТ, д.ф.-м.н. Ибадинову Х.И. за всестороннюю поддержку и внимание к работе. Автор также благодарит коллег из ГАО РАН, разработчиков программных пакетов АПЕКС и ЭПОС, за помощь в освоении и использовании программ, а также в вычислении координат и орбит объектов; сотрудников ИНАСАН и других учреждений – соавторов публикаций и совместных презентаций.