

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА  
ШАМАХИНСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
им. Н. ТУСИ**

---

*На правах рукописи*

**РУСТАМ АЙЮБ ОГЛЫ ГУЛИЕВ**

**ОРБИТАЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ИЗБРАННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ  
МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

**Специальность: 2104.01 – Планетология**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии по астрономии**

**Баку – 2015**

**Работа выполнена в Шамахинской Астрофизической  
Обсерватории им. Н. Туси НАН Азербайджана**

**Научный руководитель:** доктор физ.-мат. наук, профессор,  
чл.-корр. НАН Украины **К.И. Чурюмов**

**Оппоненты:** Институт астрономии  
Российской Академии Наук,  
доктор физ.-мат. наук, профессор  
**В.В. Емельяненко**

Бакинский государственный университет,  
доктор физ.-мат. наук, **Г.Т. Аразов**

**Ведущая организация:** Институт Физики НАНА Лаборатория  
физики источников космических лучей

Защита диссертации состоится 25 декабря 2015 г. в 12<sup>00</sup>  
на заседании Диссертационного Совета FD.01.241 при  
Шамахинской Астрофизической Обсерватории им. Н. Туси.

**Адрес:** AZ-1143, Баку, пр. Гусейна Джавида, 115

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке  
Шамахинской Астрофизической Обсерватории.

Автореферат разослан “ \_\_\_ ” “ \_\_\_\_\_ ” 2015 г.

**Ученый секретарь  
Диссертационного Совета  
FD.01.241. к. ф.-мат. наук**

**А. Р. Гасанова**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Исследование комет является одной из актуальных задач современной астрономии. Кометы являются индикаторами межпланетного пространства, они содержат весьма ценную информацию о солнечном излучении, солнечном ветре на больших гелиографических широтах. По этой причине их иногда называют летающими лабораториями.

Кометы также представляют интерес в контексте появления жизни на Земле, т.к. в их ядрах содержатся богатый состав сложных молекул, в том числе и вода.

По всеобщему мнению, кометы также являются остатками первичного реликтового вещества, из которого образовалась Солнечная система. Поэтому исследование комет за последние 200-250 лет всегда было в центре внимания астрономов. Они содержат ценную информацию о перифериях Солнечной системы.

За последние десятилетия интерес к исследованию комет возрос еще больше. Осуществленные космические миссии позволили впервые заглянуть в поверхность комет, определить размеры их ядер, исследовать структуру поверхности. Следует особо отметить недавно осуществленную космическую миссию «Розетта», целью которой явилась не только сближение, но и посадка космического модуля на поверхность ядра кометы Чурюмова – Герасименко.

Исследование комет и малых тел представляет большую ценность для решения проблемы кометно-астероидной опасности для Земли. Падение тунгусского метеорита в 1910 г. и челябинского в 2013 г. показали, что все малые небесные тела, в том числе кометы, всегда должны быть в центре внимания астрономов. Поэтому во всем мире тратятся огромные финансовые средства для программ, включающих поиска, мониторинга и исследования комет и других малых тел. Для этих целей созданы целые сети телескопов (LINEAR, ISON, Pan-STARRS и др.). Для наблюдения комет с космоса задействованы некоторые космические миссии, такие как ISE, VEGA 1 и VEGA 2, GIOTTO, SUISEI, DEEP SPACE, STARDUST, CONTOUR, ROSETTA, DEEP IMPACT и т.д.

Открытие за последние 25 лет кометно-астериодного пояса Койпера и рассеянного диска заставляет исследователей пересмотреть вопрос об источниках комет. Требуется найти механизм, с помощью которого небольшие ледяные кометные ядра переводятся в сферу видимости из этого пояса и диска.

Кроме того, за последнее десятилетие открыто целое семейство малых тел получившее название дамоклоиды. Эти весьма загадочные тела и с точки зрения физики, и с точки зрения динамики малых тел Солнечной системы. Они практически не исследованы на предмет эволюции орбит в прошлом и будущем. Также существуют определенные пробелы в исследовании малых тел с названием кентавры.

## **Цель работы**

Целью настоящей диссертационной работы является исследование особенностей орбитальной эволюции отдельных популяций малых тел таких как: короткоперигелийные кометы, кометы имеющие возможную связь с транснептуновыми телами, в том числе и гипотетическими, кометное семейства Урана, астероидная популяция дамоклоидов и кометно-астероидная группа кентавров.

## **Основными задачами диссертационной работы являются:**

1. Моделирование орбитальной эволюции дамоклоидов и кентавров на миллионы лет с целью определения динамического времени жизни данных популяций.
2. Выявление особенностей эволюции орбит популяций кентавров и дамоклоидов в ходе долговременного интегрирования.
3. Исследование структуры и факта устойчивости кометного семейства Урана. Отдельное исследование орбитальной эволюции кометы 55P.
4. Исследование кинематических аспектов взаимосвязи долгопериодических комет и транснептуновых планетных тел.
5. Обновленный анализ состава одной из групп короткоперигелийных комет.

## **Научная новизна**

1. Впервые с помощью современных интеграторов исследуется эволюция орбит 110 дамоклоидов и 118 кентавров, вместе с соответствующими виртуальными орбитами на миллионы лет.
2. Впервые оценено время динамической жизни дамоклоидов а также, дана оценка жизни кентавров, по последним данным.
3. Найдены новые закономерности, подтверждающие реальность существования и устойчивость кометного семейства Урана.
4. Впервые исследованы особенности некоторых популяций малых тел, связанных с ТНО.
5. Уточнены данные о составе одной группы короткоперигелийных комет.

## **Практическая и теоретическая ценность**

Результаты диссертации позволяют лучше понять структуру систем малых тел Солнечной системы, суть их взаимосвязи, возможности перехода некоторых малых тел из периферии системы (из облака Оорта и пояса Койпера) в ее внутренние области. Некоторые результаты могут быть использованы в теоретических прогнозировании по крупным койперовым телам на периферии Солнечной системы (в поясе Койпера и рассеянном диске). Результаты диссертации могут быть учтены в решении проблемы кометно-астероидной опасности для Земли.

## **Достоверность и надежность полученных результатов**

В диссертации широко применяются самые современные методы численного интегрирования для исследования орбитальной эволюции различных категорий малых тел. В работе также широко применяются современные методы теории вероятностей и математической статистики. Автор для обоснования того или иного результата часто прибегает также к моделированию и тестированию кометных и планетных параметров, с помощью современного программного обеспечения.

## **На защиту выносятся следующие положения:**

1. Оценка динамической жизни популяции дамоклоидов и изменения по наклонам и перигелийным расстояниям в ходе ее эволюции.
2. Вывод о промежуточной роли кентавров между телами пояса Койпера и периодическими кометами. Оценка динамической жизни кентавров и результат о существовании двух субпопуляций среди них.
3. Результат об устойчивости кометного семейства Урана и отсутствие его связи с поясом Койпера и системой долгопериодических комет за последние 5000 лет.
4. Результаты анализа дальних узлов, афелиев и MOID-значений долгопериодических и промежуточных комет, свидетельствующие о том, что некоторые из них имеют кинематической взаимосвязи с транснептуновыми планетными телами из пояса Койпера и рассеянного диска.
5. Уточненные данные об одной новой группе короткоперигелийных комет.

## **Апробация работы**

Результаты диссертации докладывались на разных международных симпозиумах, конференциях и ассамблеях, а также систематически обсуждались на астрофизических семинарах Шамахинской Астрофизической Обсерватории НАН Азербайджана. В том числе:

1. На международной конференции «Астрономическая школа молодых ученых», май, 2013, Белая Церковь.
2. На международной конференции «Астрономическая школа молодых ученых», май, 2015, Житомир.
3. На международном симпозиуме «Asteroids, Comets and Meteors», июль, 2014, Хельсинки.
4. На международном симпозиуме МАС «Complex Planetary Systems», июль, 2014, Намюр.
5. На международной конференции «Comets, Asteroids, Meteors, Meteoroids, Astroids and Craters», сентябрь, 2014, Винница.

6. На международной конференции «Astronomy and Space Physics», май, 2014, Киев.
7. На международной конференции «Astronomy and Space Physics», май, 2015, Киев.
8. На 40-й Научной ассамблее Комитета по космическим исследованиям «COSPAR», август, 2014, Москва.

## Публикации

По материалам диссертации опубликовано 13 статей и 4 тезиса-доклада:

1. А.С. Гулиев, А.Ш. Байрамов, Р.А. Гулиев. Является ли система долгопериодических комет хаотической // *Азербайджанский Астрономический Журнал*, т.4 №1-2, 2009, с.10-20
2. А.С. Гулиев, Р.А. Гулиев. О новой группе короткопериодических комет // *Азербайджанский Астрономический Журнал*, 2011, т.6, №1 с.5-9
3. А.С. Гулиев, Р.А. Гулиев // К вопросу о связи транснептуновых планетных тел и комет // *Азербайджанский Астрономический Журнал*, 2011, т.6, №4, 5-11
4. А.С. Гулиев, Р.А. Гулиев К гипотезе об одной неизвестной планете // *Азербайджанский Астрономический Журнал*, 2012, т.7, №3, с.5-12
5. А.С. Гулиев, Ш.А. Набиев, Р.А. Гулиев, А.С. Дадашов. К вопросу о связи комет с койперовыми телами // *Азербайджанский Астрономический Журнал*, 2012, т.7, №1, с5-13
6. Х.М. Микаилов, К.И. Чурюмов, Р.А. Гулиев, Ш.К. Исмаилова Отождествление эмиссионных линий в спектре кометы C/2004 Q<sub>2</sub> // *Азербайджанский Астрономический Журнал*. 2012, т.7, №3, с.20-32
7. А.С. Гулиев, Р.А. Гулиев О реальности семейств периодических и долгопериодических комет Урана // *Кинематика и Физика Небесных Тел*, 2013, т. 29, No.2, с. 50-61
8. Коваленко Н., Гулиев Р., Чурюмов К. Про наклоны орбит дамоклоидов в процессе динамической эволюции // *Вестник Киевского национального университета имени Тараса Шевченко*, 2013, №50, с.41-43

9. Н.С. Коваленко, Р.А. Гулиев, К.И. Чурюмов, В.А. Пономаренко, В.В. Клещонко. Динамическая эволюция 93-х дамоклоидов // Вестник Астрономической школы 2013, Т. 9 №1-2, с.155-161
10. Р.А. Гулиев. К вопросу о происхождении кометы Темпеля-Гуттля 55P // Вестник Астрономической школы 2014, Т. 10 №1-2, с. 179-182
11. Гулиев Р. Об эволюции орбиты кометы Темпеля-Гуттля (55p) // Азербайджанский астрономический журнал, 2014, т.9, No.3, с.11-17
12. Р.А. Гулиев. Предварительное исследование эволюции орбит комет семейства Урана // Азербайджанский Астрономический Журнал, 2014, т.9, №4, с.5-8
13. Р.А. Гулиев, Н.С. Коваленко. Предварительный анализ динамической эволюция малых тел – дамоклоидов // Азербайджанский Астрономический Журнал 2015, т.10, №1, с.5-12
14. Rustam Guliyev, Nataliya Kovalenko, Klim Churyumov. Orbital evolution modeling of damocloides // 40th COSPAR Scientific Assembly Moscow, 2014.
15. Nataliya Kovalenko, Rustam Guliyev, Klim Churyumov. Long-term orbital evolution of currently known centaurs population // 40th COSPAR Scientific Assembly Moscow, 2014.
16. Р. Гулиев. Предварительное исследование орбитальной эволюции комет семейства Урана. Международная научная конференция Астрономическая школа молодых ученых, 20 – 22 мая, 2015. Киев – Житомир, 2015, с.22
17. N.S. Kovalenko, R.A. Guliyev, V.V. Kleschonok, K.I. Churyumov. Orbital evolution of retrograde Damocloid asteroid (20461) Dioretsa. Астрономія та фізика космосу в Київському університеті. Міжнародна конференція в рамках VIII Всеукраїнського фестивалю науки, 27 – 30 травня 2014 року. Киев, 2014.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитированной литературы, насчитывающей 168 названий и приложения. В целом диссертация содержит 102 страницы текста, 48 рисунков и 24 таблицы. Общий объем диссертации 170 страниц.



## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В введении** диссертации приводятся основные ее характеристики. Обоснована актуальность темы, кратко изложена цель, перечислены положения, которые выносятся на защиту, отмечены практическая и теоретическая ценность работы. Изложено краткое содержание работы.

**Первая глава** диссертации посвящена орбитальной эволюции дамоклоидов. В начале главы приводится обширный обзор о современном представлении относительно гипотетического облака Оорта. Необходимость этого обзора обусловлено тем, что по мнению многих специалистов истоки дамоклоидов могут быть связано с облаком Оорта. Далее описывается методика, разработанная автором – преобразование орбитальных элементов в декартовы координаты (эклиптический случай), которая использована в дальнейших алгоритмах.

В главе также приводятся все необходимые сведения о дамоклоидах (их название, орбитальные характеристики и другие параметры), которые открыты за последние два десятилетия. Несмотря на то, что первый дамоклоид открыт относительно недавно (два десятилетия назад), их численность стремительно растет, и в настоящее время превышает 120. Описаны основные алгоритмы для вычисления эволюции этой категории небесных тел.

Интегрирование орбитальной эволюции проводилось для 1430 тестовых частиц с орбитами, аналогичными орбитам известных на сегодня дамоклоидов и виртуальных частиц (клонов), созданных по ковариантной матрице в доверительном интервале, с учетом Солнца и 4 планет-гигантов с шагом 29.22 суток. Интегрирование движения частицы прекращалось на гелиоцентрическом расстоянии 5000 а.е.

Анализ моделирования орбитальной эволюции дамоклоидов показал, что динамическое время жизни данной популяции может составить порядка  $10^6$ - $10^7$  лет. Дамоклоиды сохраняют высокие наклоны орбит на протяжении всего интегрирования до 100 млн. лет.

Критерий Колмогорова – Смирнова примененный к распределению дамоклоидов по наклонам орбит показал разницу в ходе эволюции группы спустя 1 миллион лет. Этот же критерий, примененный к перигелиям данной популяции показывает большие различия на протяжении всего времени орбитальной эволюции.

Некоторые из эволюционных треков делают переходы от ретроградного движения к прямому и наоборот.

Из 100 клонов Диоретсы (она обладает обратным наклоном движения) 23 объекта перешли на прямое движение во время интеграции в будущее. В этой же главе показано участие основных планет в процессе эволюции популяции дамоклоидов. Как и следовало ожидать значимую долю тестируемых частиц «рассеивает» Нептун (41.76%), т.к. у него наибольший радиус гравитационной сферы, далее следуют другие планеты по мере уменьшения данного радиуса: Уран (26.58%), Сатурн (17.38%) и Юпитер (14.02%).

**Вторая глава** диссертации называется «Орбитальная эволюция кентавров». В начале главы приводится обзор о современных представлениях о поясе Койпера. Далее изложены необходимые сведения о кентаврах, которые будут использованы в расчетах и постановка вопроса. В данной работе мы условились принимать за популяцию кентавров орбиты со следующими характеристиками: ( $q > 5.2$ ,  $Q < 30$ ) & ( $5.2 < a < 30$ ).

Для моделирования орбитальной эволюции данной популяции был использован программный пакет для орбитального интегрирования Swifter. В качестве алгоритма численного интегрирования был выбран метод RMVS (Regularized Mixed Variable Symplectic), который так же позволяет вычислять тесные сближения между тестируемыми частицами и массивными телами. В качестве тестируемых частиц рассматривались 118 объектов. Для каждого объекта было создано по 12 виртуальных орбит (1534 объекта), с помощью ковариантной матрицы в доверительном пределе.

Для моделирования динамической эволюции рассматриваемой популяции из тел Солнечной системы мы ограничились четырьмя планетами. Массы планет земной группы мы прибавили к массе Солнца.

Анализ перигелиев показал, что кентавры могут являться промежуточной популяцией между объектами пояса Койпера и периодическими кометами семейств Юпитера, Урана, и т.п. То есть кентавры могут служить источником короткопериодических комет, численность которых составляет больше 500 на данное время. Оценено динамическое время жизни популяции. Оно может составлять до 20 миллионов лет.

Найден орбитальный период экспоненциального распада кентавров. Так же выявлены в среде кентавров 2 субпопуляции с коротким и длинным временем жизни. Критерий Колмогорова – Смирнова, примененный к наклону орбит популяции на разных эпохах, показывают их статистическую схожесть. Что позволяет утверждать, что популяция берет начало из областей Солнечной системы, лежащих недалеко от плоскости эклиптики.

То же самое показал и результат применения критерия к распределению перигелиев в различные эпохи. Показана роль основных планет в орбитальной эволюции кентавров. Аналогично результатам предыдущей главы, доминирующая роль в этом эволюционном процессе принадлежит Нептуну (39.36%), далее следуют: Уран (27.9%), Сатурн (17.86%) и Юпитер (14.88%).

**Третья глава** диссертации «Кометное семейство Урана» посвящается одной из кометной групп, особенности которой широко дискутировались в научной литературе 1980-90 годов. Это семейство имеет некоторую общность с другими популяциями, рассматриваемыми в диссертации. В настоящее время состав семейства Урана заметно расширился, численность его членов возросла до 22 (раньше их было всего 3). Это дает новые возможности проведения более детального исследования данного семейства, что и сделано в диссертации.

В начале главы поставлен вопрос о рассмотрении реальности существования этой популяции, поскольку существование такого семейства оспаривается некоторыми специалистами. Статистическим анализом афелийных расстояний удалось выявить и продемонстрировать существование максимума вблизи среднего расстояния Урана (примерно на расстоянии 19 а.е.). В статистике использован методика переплетенных интервалов, что позволяет лучше исследовать структуры данного распределения.

Примерно такая же статистическая картина обнаруживалась при исследовании дальних узлов орбит периодических комет. Поскольку примененная методика и обнаруженные признаки могут показаться формальными, в дальнейшем анализе осуществляется поиск новых аргументов в пользу динамической или кинематической взаимосвязи части этих комет с Ураном.

Далее использованием модельных расчетов найдены дополнительные доказательства в пользу того, что связь некоторых

кометных параметров с именно с планетой Урана не может быть случайностью. Эти доказательства сводятся к концентрации также и дальних узлов рассматриваемых комет в зоне движения планеты, расположение значений константа Тиссерана в системе Солнце-Уран в более благоприятном интервале, нежели в аналогичных системах относительно Юпитера и Сатурна. Последняя особенность имеет весьма принципиальное значение.

В этом контексте впервые уделено достаточно большое внимание и данным долгопериодических комет и установлено, что некоторая их часть (больше 20) судя по орбитальным особенностям имеет если не динамическую, то по крайней мере кинематическую связь с Ураном.

В этой главе одной из знаменитых комет этой группы 55P (Темпеля – Туттля) уделяется особое внимание. Применением современных интеграторов исследована эволюция орбиты кометы за 5000 лет до ее открытия. Установлено, что орбита этой кометы оставалась весьма стабильной за исследуемый период.

Одновременно на основании изменения абсолютного блеска кометы 55P обсуждается вопрос о ее блеске несколько тысяч лет назад. Если судить о вековом падении блеска кометы, то несколько тысяч лет назад ее видимая яркость должна был быть весьма высокой.

Таким же путем изучается эволюция орбит остальных 21 кометы за 5000 лет до открытия. Установлено, что данная группа является весьма устойчивой популяцией в Солнечной системе. Из 22 комет лишь одна (C/2004 C<sub>1</sub>) в прошлом была членом другой группы.

Для трех комет (27P, 38P и 55P) семейства Урана, наблюдавшихся достаточно долго, вопрос об эволюции орбит в прошлом исследовался также с учетом негравитационных сил. Установлено, что учет этого фактора на конечные результаты относительно стабильности заметно не влияет. Например, разница на конечный момент интегрирования кометы 27P для наклона орбиты составляет всего 0.045°.

**В четвертой главе** «О некоторых кометных группах, связанных с транснептуновыми планетными телами» приводится краткий обзор о современных данных по рассеянному диску Солнечной системы. Путем статистического анализа в широком контексте изучается возможность кинематической взаимосвязи долгопериодических комет с известными койперовыми телами.

Вначале установлено, что в зонах движения 100 транснептуновых планет, имеющих абсолютный блеск больше 5<sup>m</sup>.5, количество узлов

орбит долгопериодических комет заметно превышает определенный фон. В диссертации приводится способ определения этого фона. Для анализа зоны движения планет на предмет обилия там кометных узлов рассматривались различные варианты: пояса шириной 0.1, 0.5 и 1 а.е.

Сделан широкий анализ MOID – характеристик долгопериодических относительно транснептуновых планетных тел с указанными яркостями. В этом анализе также рассматривались тороиды с различными окружностями: 0.1-1 а.е. с шагом в 0.1 а.е., с приоритетом наименьших значений. Результаты такого параллельного анализа в различных вариантах подтверждают правомочность предыдущего вывода относительно избыточности кометных прохождений в непосредственной близости орбит транснептуновых планетных тел.

В этой же главе целый раздел уделен вопросу о возможной связи комет с крупными гипотетическими планетными телами в районе рассеянного диска. Существование таких тел не вызывает сомнения и является предметом многочисленных исследований. В астрономической литературе существует множество гипотез о существовании в периферии Солнечной системы неизвестных планетных тел. В диссертации уделено обширное внимание гипотезе в этой области, согласно которой на гелиоцентрических расстояниях 250-400 а.е. существует крупное тело, являющееся источником наблюдаемых комет.

Эта гипотеза построена на двух наблюдательных фактах: в указанном поясе существует избыток афелиев известных комет; в этом же поясе вблизи большого круга небесной сферы количество кометных узлов превышает ожидаемый фон в пределах статистической достоверности.

Найдены новые аргументы в пользу возможности инъекции комет предполагаемым крупным планетным телом из внешних областей Солнечной системы, точнее из рассеянного диска. Установлено, что кометные афелии в рассматриваемой области с одной стороны, узлы орбит более вытянутых кометных орбит – с другой описывают эллипсы, линии апсид которых весьма близки, а в некоторых случаях практически совпадают. При этом расчеты сделаны в нескольких вариантах относительно широт афелиев относительно рассматриваемой плоскости.

Получены результаты, которые являются дополнительным аргументом обсуждаемой гипотезы. В поисках предполагаемого

планетного тела ключевое место должно быть отведено так называемым гиперболическим кометам.

В этой главе диссертации также рассматриваются данные об одной группе короткоперигелийных комет (так называемых сангрейзеров), выделенной в недавних исследованиях Шамахинской обсерватории. В период идентификации эта группа состояла всего лишь из 7 комет. Анализом недавно открытых короткоперигелийных комет установлено, что данная группа состоит из 14 комет.

Расчеты, сделанные в диссертации, показали на конкретную плоскость, вблизи которой концентрируются перигелии данных комет:

$$\Omega_c = 205.6^\circ; i_c = 44.7^\circ$$

Косвенными аргументами установлено, что численность этой группы значительно больше, чем 14 и на данный момент может достигать 67. Элементы орбиты комет этой группы варьируются в следующих пределах:  $i$  от  $122.26^\circ$  до  $48.42^\circ$ ,  $q$  от 0.042 до 0.0094,  $\Omega$  от  $12.41^\circ$  до  $48.42^\circ$ ,  $\omega$  от  $80.93^\circ$  до  $139.96^\circ$ .

Обнаружена высокая корреляция между значениями аргумента перигелия и долготами восходящих узлов орбит комет этой группы (коэффициент корреляции  $r_{\Omega\omega} = 0.82$ ). Поскольку эти два элемента являются абсолютно независимыми друг от друга, то найденная корреляция может рассматриваться как дополнительный аргумент в пользу того, что соответствующие кометы являются членами единой группы.

На первый взгляд может показаться, что эта группа является «хвостом» кометного семейства Крейца. Поэтому использованием соответствующих критериев рассмотрена рабочая гипотеза о том, что выделенная группа в самом деле является составной частью широко известного семейства Крейца.

Однако точными статистическими анализами и применением соответствующих критериев в диссертации установлено, что такая альтернативная рабочая гипотеза не выдерживает критики и не соответствует действительности. Это, в свою очередь, говорит о том, что рассматриваемая группа по многим параметрам отличается от группы Крейца и является самостоятельной популяцией в Солнечной системе.

**В заключении** диссертации подведен итог и изложены основные результаты, полученные в работе.

## **В работе были получены следующие основные результаты:**

1. Динамическое время жизни популяции дамоклоидов составляет  $10^6$ - $10^7$  лет, они сохраняют высокие наклонения орбит на протяжении всего интегрирования до 100 млн. лет.
2. Наблюдается разница в наклонах орбит дамоклоидов в ходе эволюции спустя 1 миллион лет. Обнаружены большие различия перигелиев на протяжении всего времени орбитальной эволюции. Наблюдается переходы от ретроградного движения к прямому и наоборот. Из 100 клонов Диоретсы, 23 объекта перешли на прямое движение во время интеграции в будущее.
3. Кентавры могут являться промежуточной популяцией между объектами пояса Койпера и кометами семейства Юпитера, Урана, т.е. могут служить источником короткопериодических комет. Оценено динамическое время жизни этой популяции в  $2 \cdot 10^6$  лет, найден орбитальный период экспоненциального распада, а также выявлены 2 субпопуляции с коротким и длинным временем жизни.
4. Судя по наклонам и распределению перигелиев орбит кентавров, эта популяция берет начало из областей солнечной системы вблизи эклиптики. Показана роль основных планет в орбитальной эволюции кентавров и дамоклоидов.
5. Найден ряд дополнительных доказательств в пользу устойчивого существования семейств Урана как периодических, так и долгопериодических комет.
6. Утверждение о взаимосвязи некоторых комет с Ураном больше всего может касаться той части периодических и долгопериодических комет, у которых значения MOID и далекие узлы орбит расположены в определенных интервалах вблизи орбиты Урана. Лишь одна из 22 периодических комет прошлым была в составе другого семейства. Эти кометы не захвачены из поля долгопериодических, или же с пояса Койпера за последние 5000 лет.
7. Судя по дальним узлам орбит долгопериодических комет и распределению MOID-значений, их значительное количество может быть связано с транснептуновыми планетными телами. ДПК Тестирование около орбитальных зон 100 ТНО показало избыточность в них. Гипотетическая планета, движущаяся в рассеянном диске на расстояниях от 250 до 400 а.е. также может являться источником некоторой части ДПК.
8. Существование еще одной группы короткоперигелийных комет подтверждается анализом новейших кометных данных.

**GÜNƏŞ SİSTEMİ KİÇİK CİSİMLƏRİNİN SEÇİLMİŞ  
POPULYASIYALARININ ORBIT TƏKAMÜLÜ**

**Xülasə**

Dissertasiya Günəş sistemi kiçik cisimlərinin bir sıra populyasiyalarının dinamik və kinematik xüsusiyyətlərinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Dissertasiyanın əsas hədəf obyektləri kentavr və damokloid populyasiyaları, Uran ailəsinin qısa və yzunperiodlu kometləri, transneptun planet cisimləri ilə əlaqəsi olan kometlər və qısa periodlu sporadik kometlər qrupudur.

İlk dəfə olaraq damokloidlərin orbital təkamülün modelləşdirilməsinin təhlili əsasında bu populyasiyanın dinamik yaşı təyin olunmuş və bu obyektlərin retroqrad orbitdən düz orbitə keçməsi və əks keçid imkanları tədqiq olunmuşdur. Eyni zamanda yeni verilənlərin bazasında kentavrların dinamik yaşı dəqiqləşdirilmiş, bu obyektlərin orbital təkamülün gedişində meyl bucağı və perihellər üzrə təhlili həyata keçirilmişdir.

Uranla kinematik və dinamik əlaqəsi olan komet qrupu tapılmışdır. Son 5000 il ərzində kometlərlə Uranın bir çox sıx yaxınlaşması tapılmışdır. 55P və digər 21 Uran kometinin dayanıqlıq nüqtəyi nəzərdən orbital təkamülü tədqiq olunmuşdur. Bu qrupun dayanıqlı olması aşkar edilmişdir. Bir sıra uzunperiodlu kometin transneptun planet cisimləri ilə əlaqəsi məsələsi tədqiq olunmuşdur. 100 transneptun planet cismi və 1200 uzunperiodlu kometin verilənləri əsasında bu iki göy cisimləri qrupunun qarşılıqlı əlaqəsini sübut edən yeni effektlər tapılmışdır. Yayılan diskdə iri transneptun cisminin mümkünlüyü istiqamətində yeni arqumentlər tapılmışdır. Əvvəllər tapılmış bir qısa periodlu komet qrupunun tərkibi dəqiqləşdirilmişdir.



**ORBITAL EVOLUTION OF SMALL SOLAR SYSTEM  
BODIES OF SELECTED POPULATIONS**

**Abstract**

The dissertation is devoted to the dynamic and kinematic properties of the small bodies' populations in the Solar System. The objects of study are the centaurs and the damocloids, Uranus family of periodic and long-period comets, comets having the relation to the trans-Neptunian objects and a group of sporadic short-perihelion comets.

Based on the analysis of damocloids orbital evolution simulations, dynamic lifetime of damocloids population has been found; the possibility of tracks transitions from the retrograde motion to the direct and vice versa have been investigated. Considering new data, centaurs' dynamic lifetime was clarified, also we have analyzed inclinations and perihelion distances distribution of these objects during the orbital evolution based on new data.

Group of comets, having kinematic and dynamic relation to Uranus has been established. Number of close encounters with Uranus for the past 5000 years have been found. We have studied orbital evolution of comets 55P and the rest 21 of the group for the checking of orbital stability.

Problem about long-period comets relation to trans-Neptunian planetary bodies has been studied also. Based on the data on 100 kuiper bodies and 1200 long-period comets we found a new effects testifies to the fact that these two categories of celestial bodies are interrelated. Found new arguments about the possibility of the existence of a large trans-Neptunian body in the scattered disc. We also specified the group members of the previously selected short-perihelion comets.

Для заметок

Формат бумаги 60x84, 1/16  
Тираж 100  
Напечатано в типографии НАНА

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI  
N.TUSİ ad. ŞAMAXI ASTROFİZİKA RƏSƏDXANASI**

---

*Əlyazması hüququnda*

**RÜSTƏM ƏYYUB OĞLU QULİYEV**

**GÜNƏŞ SİSTEMİ KİÇİK CİSİMLƏRİNİN SEÇİLMİŞ  
POPULYASIYALARININ ORBİT TƏKAMÜLÜ**

**İxtisas: 2104.01 - Planetologiya**

**Astronomiya üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın**

**A V T O R E F E R A T I**

**Bakı - 2015**