

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

На правах рукописи

Мохамед
Рафа Ахмед

УДК 523.44

ВРАЩЕНИЕ, АЛЬБЕДО И ФОРМА
ИЗБРАННЫХ АСТЕРОИДОВ

Специальность 01.03.03 —

Гелиофизика и физика Солнечной системы

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Харьков — 1995

Работа выполнена в Ас
государственного университета

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00761176 (S)

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

доктор физико-математических наук, А.В. Мороженко
кандидат физико-математических наук, Ю.В. Корниенко

Ведущая организация — **Астрономическая обсерватория
Одесского государственного университета**

Защита диссертации состоится "27" октября 1995 г.
в 12 час на заседании Специализированного совета Д 01.74.01 по защите
докторских диссертаций при Главной астрономической обсерватории
НАН Украины по адресу: 252127, Киев-127, Голосеево, тел. 266-47-58.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГАО НАН
Украины.

Автореферат разослан "25" сентября 1995 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета
кандидат физико-математических наук

Н.Г. Гусева

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Изучение астероидов с каждым годом приобретает все большее и большее значение как с точки зрения фундаментальной науки (происхождение, связь с другими малыми телами Солнечной системы и др.), так и с точки зрения прикладных исследований (источники минеральных ресурсов в околоземном космическом пространстве, проблема "Астероидная опасность" и др.). В последние годы начата широкая программа космических исследований астероидов (инфракрасный спутник IRAS, проект "Галилео" и др.), которые уже дали новые, очень важные для решения космогонических вопросов данные. В настоящее время происходит активный процесс накопления наблюдательных данных по оптическим, динамическим, геометрическим и другим характеристикам астероидов, совершенствуются методики их определения, создаются соответствующие банки данных, которые широко используются для интерпретации результатов наблюдений и подготовки новых космических проектов.

Настоящая диссертационная работа — небольшая частица этого процесса. Она посвящена изучению основных характеристик астероидов — их вращения, формы и альbedo поверхности.

Цель работы

- проведение фотометрических наблюдений астероидов главного пояса и на этой основе определение их параметров вращения и формы;
- сравнение различных рядов определений геометрического альbedo астероидов и осуществление новой калибровки шкалы поляриметрического альbedo;
- интерпретация фотометрических наблюдений конкретных астероидов и изучение их формы методом численного моделирования.

Актуальность темы

Изучение таких характеристик астероидов как скорость вращения, ориентация оси вращения в пространстве, форма и альbedo поверхности представляет значительный общенаучный и прикладной интерес,

поскольку эти параметры непосредственно связаны с происхождением осевого вращения астероидов, интенсивностью процессов столкновений в поясе, типом вещества астероида, его массой, прочностными характеристиками и т.п. Получение этих данных непосредственно из наблюдений (глава 1), усовершенствование методики их определения (глава 2), а также интерпретация имеющихся результатов наблюдений (глава 3) в полной мере отражают актуальность исследований, выполненных в диссертационной работе.

Основные задачи исследований

Для достижения поставленной цели исследований нужно было решить следующие задачи:

- практически овладеть методом фотоэлектрической фотометрии и провести широкую программу фотометрических наблюдений астероидов;
- собрать все имеющиеся данные по определению альbedo астероидов (наземные радиометрические, IRAS-данные, данные из наблюдений покрытий звезд астероидами), изучить их с точки зрения случайных и систематических погрешностей и предложить новую методику калибровки шкалы поляриметрических альbedo астероидов;
- овладеть методикой численного моделирования кривых блеска астероидов и разработать соответствующие программы вычислений.

Научная новизна и практическая ценность работы

В процессе выполнения работы проведены фотометрические наблюдения при новых аспектных данных и получены кривые блеска 19 астероидов, при этом для 12 астероидов кривые блеска получены вообще впервые. На основе более полного наблюдательного материала решена задача определения координат полюса и формы фигуры одного из крупнейших астероидов 10 Гигия, полученные результаты являются более надежными по сравнению с предыдущими оценками.

Используя все имеющиеся данные об альbedo астероидов (IRAS-альbedo, наземные радиометрические и альbedo, полученные из наблюдений покрытий звезд астероидами) выполнена новая калибровка шкалы поляриметрического альbedo астероидов и получены более точные альbedo 127 астероидов.

Впервые сделана попытка, объяснить форму астероидов, обуславливающую часто наблюдаемые кривые блеска с широкими максимумами и узкими минимумами.

Практическое значение

Полученные в процессе выполнения данной работы более 60-ти фотометрических кривых блеска для 19-ти астероидов вошли в международную базу данных "Asteroid Photometric Catalogue" (Lagerkvist et al. 1987, 1988, 1992, 1993) и будут использованы для определения координат полюсов, формы и оптических свойств поверхностей астероидов.

Предложенная в работе новая калибровка шкалы поляриметрических альbedo астероидов, которая дает более точные значения альbedo, будет использована в дальнейшем при определении альbedo и диаметров астероидов поляриметрическим методом.

Новые данные о вращении, альbedo и форме конкретных астероидов, полученные в работе, а также те, которые будут получены в будущем на основе наблюдаемых кривых блеска и новой калибровки, могут быть использованы для изучения физики и динамики пояса астероидов, для решения конкретных задач проблемы "Астероидная опасность", а также при планировании и осуществлении космических миссий к астероидам.

На защиту выносятся

1. Результаты определения периодов вращения 16 астероидов, а также определения ориентации оси вращения в пространстве и формы астероида 10 Гигия.

2. Новая калибровка шкалы поляриметрического альbedo астероидов.
3. Результаты сравнения различных рядов определений геометрического альbedo астероидов и практические рекомендации относительно их использования.
4. Численное моделирование кривых блеска астероидов и выводы о выделении двух групп астероидов: а) "тестовые" объекты, для которых получена хорошая сходимость наблюдаемых и модельных кривых блеска, и б) астероиды, форма которых плохо аппроксимирована трехосным эллипсоидом и координаты полюсов которых необходимо определять методами, свободными от влияния формы астероида.

Апробация работы

Основные результаты данной работы изложены в 8 научных статьях (часть из них опубликована в международных журналах: *Astronomy and Astrophysics*, *Astronomical Journal*, *Icarus*, *Planetary and Space Science*), а также докладывались на Пленуме секции "Солнечная система" при Астросовете АН СССР (Ленинград, 1990 г.); рабочей группе "Астероиды" (Одесса, 1992 г.); международном симпозиуме "Asteroids, Comets, Meteors 93" (Италия, Бельжирате, 1993 г.); международной конференции "Физика Луны и планет" (Харьков, 1994 г.); международном симпозиуме "Small Bodies in the Solar System and their Interactions with the Planets" (Финляндия, Mariehamn, 1994 г.).

Личный вклад автора

Автор принимал участие в фотометрических наблюдениях всех 19 астероидов, результаты фотометрии которых включены в диссертацию, и осуществил их обработку. Он разработал алгоритмы, программное обеспечение и провел все вычисления и графические построения новой калибровки шкалы поляриметрического альbedo, идея которой принадлежит руководителю диссертационной работы Д.Ф. Лупишко. Идея моделирования формы астероидов для анализа их кривых блеска (глава 3)

принадлежит на равных правах диссертанту, его научному руководителю Д.Ф. Лупишко и научному сотруднику АО ХГУ В.Г. Шевченко. Программное обеспечение и вычисления в главе 3 выполнены автором совместно с В.Г. Шевченко.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из Введения, трех глав, Заключения, списка цитируемой литературы и Приложения и содержит 82 страницы машинописного текста, 43 рисунка и 10 таблиц. Библиография включает 108 наименований. Общий объем диссертации составляет 121 стр.

Содержание работы

Во Введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы и ее цель, сформулированы новизна и практическое значение полученных результатов, приведены основные положения, которые выносятся на защиту, кратко описаны структура и содержание диссертации.

В первой главе, посвященной определению параметров вращения и формы астероидов по данным фотометрии, рассмотрены основные понятия и определения, касающиеся кривых блеска астероидов, зависимости их амплитуд от угла аспекта (угол между осью вращения астероида и лучом зрения) и соотношения осей аппроксимирующего фигуру трехосного эллипсоида. Подробно рассмотрены методы определения периодов вращения астероидов (метод эпох и метод Фурье-анализа), методы определения направления вращения астероидов (прямое или обратное) и основные методы определения ориентации осей вращения астероидов в пространстве (то есть координат полюсов астероидов). Этот ознакомительный раздел необходим для более полного понимания основного содержания первой главы.

В отдельном разделе, посвященном проведенным фотометрическим наблюдениям и обработке данных, описана аппаратура, используемая для наблюдений, методика фотоэлектрических наблюдений астероидов и

процедура обработки и редукции данных измерений. Все наблюдения проведены на 70-см рефлекторе АЗТ-8 Астрономической обсерватории Харьковского университета с помощью стандартного одноканального электрофотометра, работающего в режиме счета фотонов. Фотометрическая система "телескоп + фотометр" близка к стандартной UBV-системе Джонсона-Моргана. Электрофотометр позволяет проводить относительные измерения блеска со среднеквадратичной ошибкой единичного измерения $\sigma_v = 0.01-0.02$ зв. вел. для звезды $V=11$ зв. вел. и $\sigma_v = 0.05$ для звезды $V=14$ зв. вел.

Измерения относительного блеска астероида проводились дифференциальным методом по схеме: звезда сравнения — фон — астероид — фон — астероид — звезда сравнения — фон и т.д. При стабильных погодных условиях, небольшом фоне и воздушных массах астероида ≤ 2.0 число измерений астероида в этой цепочка удваивалось. Редукция данных измерений проводилась по стандартной методике. Дифференциальная экстинкция астероид — звезда сравнения за счет близкого расположения этих объектов относительно друг друга не превосходила 0.01 зв. вел. Определение коэффициента атмосферной экстинкции и стандартизация относительных кривых блеска проводилось в каждую наблюдательную ночь путем наблюдения звезд-стандартов.

Вся процедура обработки и редукции данных наблюдений, а также построение составных кривых блеска и определение периодов вращения астероидов осуществлялась на персональном компьютере типа IBM по программам, разработанных на АО ХГУ. Применение метода Фурье для определения периодов вращения астероидов (220 Стефания и 312 Пиеретта) осуществлено с использованием программы, разработанной Ю.Н. Круглым.

С 1988 по 1994 гг. были проведены фотоэлектрические наблюдения 19 астероидов в течение 67 наблюдательных ночей. В диссертации приведена подробная таблица с аспектными данными и измеренным абсолютным блеском астероида на средний момент наблюдений в данную

ночь. Приведено также краткое описание наблюдаемых астероидов и полученных результатов (по каждому астероиду в отдельности). В табл.1. собраны результаты определения периодов вращения астероидов и измеренные амплитуды их кривых блеска. Определение периодов вращения сделаны методами эпох и Фурье-анализа.

В последнем разделе главы выполнено определение ориентации оси вращения и формы одного из крупнейших астероидов 10 Гигия. Используются все предыдущие наблюдения кривых блеска этого астероида и наблюдения в январе-феврале 1994 г., проведенные с участием автора. Применен комбинированный метод "фотометрическая астрометрия" плюс "амплитуда—звездная величина", который позволил определить направление вращения, сидерический период вращения, соотношение полюсей аппроксимирующего эллипсоида и координаты полюса астероида. Подробно описан математический аппарат метода. Итоговая таблица, приведенная в конце раздела и содержащая все оценки координат полюсов и формы Гигии, показывает, что наши результаты хорошо согласуются с последними определениями других авторов, однако являются более надежными, поскольку основаны на более полном наблюдательном материале.

В конце главы резюмированы основные результаты, полученные в первой главе.

Вторая глава, посвященная альbedo астероидов, начинается разделом "Понятие альbedo и методы его определения". Основной, второй раздел этой главы описывает новую калибровку шкалы поляриметрического альbedo, предложенную в диссертационной работе. Суть ее состоит в следующем.

Таблица 1

Результаты фотометрии астероидов

Астероид	Период (час)	Амплитуда (зв. вел.)
79 Эвринома	—	0.08
102 Мириам	18.44±0.03	0.08
104 Климена	8.984±0.001	0.30
189 Фтия	>15	>0.06
206 Герсилия	7.33±0.03	>0.18
220 Стефания	18.198±0.001	0.45
238 Гипатия	8.88±0.02	>0.10
241 Германия	8.998±0.003	>0.13
289 Ненетта	—	≈0.11
312 Пиеретта	10.282±0.001	0.32
371 Богемия	3.792±0.001	0.13
426 Гипсо	>32	>0.15
480 Ганза	16.19±0.02	0.40 *
	—	0.20**
550 Сента	20.555±0.005	0.35
626 Нотбурга	19.39±0.01	0.21
705 Эрминия	—	>0.09
735 Марганна	15.95±0.10	0.11
2078 Нанкин	6.50±0.04	0.79
2204 Лиили	≈10	0.43

*) по наблюдениям в оппозицию 1993 г.

***) по наблюдениям в оппозицию 1992 г.

Поляриметрический метод определения альbedo астероида p_v основан на следующих эмпирических зависимостях:

$$\begin{aligned} \log p_v &= A \log h + B \\ \log p_v &= C \log P_{\min} + D, \end{aligned} \quad (1)$$

где: h и P_{\min} — поляриметрический наклон и глубина отрицательной ветви фазовой кривой поляризации астероида; A , B , C и D — константы. Значения этих констант были определены еще в середине 70-х годов по лабораторным измерениям метеоритных образцов, поскольку 20 лет назад абсолютных измерений альbedo астероидов другими методами еще не было. С тех пор было сделано много новых определений альbedo астероидов, это наземные радиометрические альbedo, радиометрические IRAS-альbedo и альbedo, полученные из наблюдений покрытий звезд астероидами. Кроме того, начиная с 1984г., проводились новые поляриметрические наблюдения астероидов (АО ХГУ, Институт астрофизики АН Таджикистана, КрАО) и были получены параметры поляризационных фазовых кривых P_{\min} и h еще для 34 астероидов. Используя все эти данные были построены зависимости (1) и определены константы A , B , C и D по всем трем наборам альbedo. Их значения приведены в табл.2 (n — количество используемых астероидов). Для получения окончательных средневзвешенных значений анализировались как среднеквадратичные погрешности коэффициентов аппроксимации каждого ряда, характеризующие разброс точек на графиках этих зависимостей (то есть, внутреннюю сходимостъ данных), так и систематические погрешности ряда. Оказалось, что по отношению к наиболее точным альbedo, полученным из наблюдений покрытий звезд астероидами, систематические различия коэффициентов аппроксимации наземных радиометрических альbedo примерно в два раза превышают соответствующие различия для IRAS-альbedo. Поэтому, окончательные значения констант (предпоследняя строка табл.2) были получены

Таблица 2

Значения коэффициентов линейной аппроксимации

Данные альbedo	h — альbedo			P _{min} — альbedo		
	n	A	B	n	C	D
IRAS	44	-1.084±0.093	-1.742±0.073	106	-1.332±0.133	-0.891±0.027
Радиометрия	51	-1.175±0.086	-1.988±0.079	83	-1.378±0.143	-1.019±0.029
Покрытия	7	-0.826±0.069	-1.619±0.053	7	-1.074±0.090	-0.904±0.016
Средневзвешенные	—	-0.983±0.082	-1.731±0.066	—	-1.223±0.118	-0.920±0.023
Используемые ранее	—	-0.93	-1.78	52	-1.31	-0.9±0.1

усреднением значений коэффициентов с весами: данные покрытий — 2.5; IRAS-данные — 2.0; наземные радиометрические — 1. Таким образом, для определений альbedo астероидов поляриметрическим методом рекомендуется использовать следующие эмпирические зависимости:

$$\log p_v = -0.98 \log h - 1.73 \quad (2)$$

$$\log p_v = -1.22 \log P_{\min} - 0.92$$

С этими зависимостями вычислены новые значения поляриметрических альbedo 127 астероидов.

В последнем разделе главы выполнено сравнение всех имеющихся рядов определений альbedo для того, чтобы иметь объективную информацию об уровне случайных и систематических ошибок каждого ряда и дать практические рекомендации по их использованию.

Это следующие ряды:

1. IRAS-альbedo, полученные американским ИК-спутником по радиометрическим наблюдениям. Этот ряд содержит значения альbedo для около 1800 астероидов.
2. Наземные радиометрические альbedo, включающие свыше 200 астероидов.

3. Поляриметрические альbedo, получены для 127 астероидов с новой калибровкой.
4. Альbedo, вычисленные из наблюдений покрытий звезд астероидами. Имеются всего лишь для 10-ти астероидов.

Оказалось, что для 49 астероидов имеются оценки альbedo в первых трех наборах данных. Формальные средние значения альbedo по этой выборке оказались такими:

<i>IRAS</i>	<i>поляриметрия</i>	<i>радиометрия</i>
0.177 ± 0.103	0.142 ± 0.076	0.124 ± 0.084

Эти данные показывают, что, во-первых, IRAS-альbedo систематически превышают примерно на 25% поляриметрические и примерно на 40% радиометрические наземные; во-вторых, дисперсия IRAS-альbedo примерно на 80% и 50% больше, чем поляриметрических и наземных радиометрических, соответственно.

Для семи астероидов (1, 2, 3, 6, 47, 51 и 324) имеются значения альbedo во всех четырех наборах данных, включая данные покрытий звезд астероидами. Средние значения альbedo для этих семи астероидов оказались следующими:

<i>IRAS</i>	<i>покрытия</i>	<i>поляриметрия</i>	<i>радиометрия</i>
0.145 ± 0.074	0.102 ± 0.041	0.103 ± 0.053	0.087 ± 0.050

Сравнение этих величин между собой качественно подтверждает выводы, сделанные выше. Кроме того, видно, что поляриметрические альbedo в среднем ближе всего соответствуют наиболее точным альbedo, полученным из покрытий. Систематические различия между этими двумя наборами данных минимальны. Более подробный анализ данных, сделанный в диссертационной работе, позволил заключить, что поляриметрические альbedo являются более точными как в случайном, так и в систематическом отношении, по сравнению с IRAS и наземными радиометрическими, и их следует использовать в первую очередь вместе с

малочисленными альbedo, полученными из наблюдений покрытий. IRAS-альbedo отягощены значительными систематическими погрешностями (в первую очередь за счет использования в качестве абсолютных звездных величин астероидов параметра H) и их точность сильно варьируется от астероида к астероиду.

В третьей главе решены две задачи по изучению формы астероидов с помощью численного моделирования их кривых блеска.

Задача 1. При определении координат полюсов астероидов методом "амплитуда—звездная величина" фигура астероида аппроксимируется трехосным эллипсоидом. Известно, что этим методом получены координаты полюсов и соотношения полуосей аппроксимирующего эллипсоида примерно для 70 астероидов. Метод успешно использовался также при определении координат полюсов и фигуры астероидов 243 Ида и 951 Гаспра во время наземного обеспечения данными проекта "Галилео". Однако реальные астероиды имеют нерегулярную форму, наглядным подтверждением чего являются фотографии этих двух астероидов. Поэтому, задача состояла в том, чтобы изучить, насколько формы реальных астероидов отличаются от формы аппроксимирующего трехосного эллипсоида.

Для этой цели было отобрано 31 астероид, координаты полюсов и соотношения осей которых хорошо определены и имеются полные кривые блеска при различных аспектах астероидов в течение не менее трех оппозиций. Модельные кривые блеска были получены при тех же аспектах и фазовых углах, что и наблюдаемые кривые блеска. В качестве закона отражения света использовался закон Акимова, который наиболее близко описывает рассеивающие свойства астероидов. Кривые совмещались друг с другом так, чтобы добиться наилучшего согласия по критерию χ^2 . Для оценки того, насколько близко модель трехосного эллипсоида соответствует реальной форме данного астероида использовалось среднее квадратичное отклонение δ модельной кривой от наблюдаемой. Анализируя вычисленные значения δ для данной выборки, можно выделить три группы астероидов: первая группа включает 11

объектов, значение δ для них заключено в диапазоне 0.03-0.07 со средним значением 0.05; вторая группа имеет среднее значение $\delta=0.09$, диапазон 0.07-0.13 и содержит 10 объектов; третья группа (тоже 10 объектов) имеет среднее значение δ , равное 0.24. Лучше всего совпали модельная и наблюдаемая кривая блеска астероида 15 Эвномия (первая группа, $\delta=0.039$), хуже всего — у астероида 3 Юнона (третья группа, $\delta=0.418$). Астероиды первой группы достаточно хорошо удовлетворяют модели трехосного эллипсоида, их координаты полюсов и соотношения осей определены с хорошей точностью. Эти астероиды (15, 20, 22, 23, 28, 31, 41, 43, 130, 354 и 532) могут использоваться в качестве тестовых для проверки различных методик определения координат полюсов. Для объектов третьей группы определение координат полюсов в предположении, что их форма удовлетворяет модели трехосного эллипсоида с имеющимися соотношениями осей, может быть ненадежным, поэтому нужно использовать другие методы, свободные от влияния формы (напр., метод "фотометрической астрометрии").

Задача 2. Это моделирование формы астероида, которая может объяснить часто наблюдаемые кривые блеска с широкими максимумами и узкими минимумами. Для решения этой задачи рассмотрено три формы астероида: а) трехосный эллипсоид, б) "чечевица" — тело, образованное пересечением двух эллипсоидов, совмещенных по короткой оси c , а оси a и b — параллельны; в) контактно-двойная система. В последней модели компоненты брались сферическими, система координат выбрана так, что тела вращаются вокруг центра масс в экваториальной плоскости, угол фазы равен нулю, а альбедо компонент — одинаково. В качестве параметра асимметрии кривой блеска использовалось отношение ширины максимума к ширине минимума кривой блеска m/n на уровне 0.5 амплитуды.

Анализируя результаты моделирования и сравнивая их с наблюдаемыми кривыми блеска, имеющими $m/n \geq 2$, можно заключить следующее:

1. Трехосный эллипсоид обеспечивает наблюдаемый эффект асимметрии только в том случае, если он дает кривую блеска с амплитудой $\Delta m \geq 1.15$ зв. вел. Таким образом, только очень вытянутые эллипсоиды с соотношением осей $a/b \geq 3$ могут быть ответственными за широкие максимумы и узкие минимумы кривой блеска.

2. Форма чечевицы дает практически тот же самый эффект, что и эллипсоид, но при немного меньших амплитудах кривых блеска (примерно на 10%).

3. В случае контактно-двойной системы эффект начинает проявляться при значительно меньших амплитудах (0.45 зв. вел. и больше). Если размеры компонент одинаковы, эффект достигает значительной величины ($m/n = 3.53$) при амплитуде 0.75 зв. вел. Уменьшая размер одного из компонентов, можно получать искомый эффект при меньших амплитудах. Однако в этом случае блеск в минимуме кривой остается постоянным до тех пор, пока меньший компонент находится в тени большего или проходит перед его диском.

4. Кривые блеска с эффектом асимметрии при $\Delta m \leq 0.5$ зв. вел., по-видимому, обусловлены особой формой фигуры астероида или, скорее всего, сочетанием неправильной формы с альбедной неоднородностью. В рамках рассмотренных моделей они не могут быть объяснены.

В Заключении сформулированы следующие основные результаты диссертационной работы.

1. Впервые определены периоды вращения десяти астероидов (206, 220, 241, 312, 371, 480, 550, 626, 735, 2078), уточнены значения периодов вращения трех астероидов (102, 104, 238) и получены приблизительные оценки периодов трех астероидов (189, 426, 2204).

2. На основе более полного набора наблюдательных данных определены координаты полюса, соотношение осей аппроксимирующего форму эллипсоида и направление вращения (обратное) одного из

крупнейших астероидов 10 Гигия. Полученные результаты согласуются с предыдущими оценками, но являются более точными.

3. Используя все имеющиеся данные об альbedo астероидов (включая наиболее многочисленные космические IRAS-данные), а также новые данные по поляриметрии астероидов, осуществлена новая калибровка шкалы поляриметрического альbedo и получены значения констант эмпирических зависимостей "наклон-альbedo" и " P_{\min} -альbedo". С новой калибровкой получен более полный и более точный ряд поляриметрических альbedo, насчитывающий 127 астероидов.

4. Проведено сравнение сходимости различных рядов альbedo астероидов и показано, что поляриметрические альbedo имеют минимальные систематические различия по сравнению с наиболее точными альbedo, вычисленными из наблюдений покрытий звезд астероидами. Поляриметрические альbedo, как более точные в смысле случайных и систематических погрешностей, следует использовать в первую очередь вместе с альbedo, полученными из покрытий.

5. В результате сравнения наблюдаемых и модельных кривых блеска показано, что астероиды 15, 20, 22, 23, 28, 31, 41, 43, 130, 354 и 532 имеют надежное определение координат полюсов и формы (соотношение осей a:b:c) и они могут использоваться как тестовые объекты для проверки различных методов определения координат полюсов. С другой стороны, для астероидов 2, 3, 7, 29, 39, 44, 87, 216, 349 и 624 соотношения осей определены недостаточно точно. Для определения координат полюсов этих астероидов необходимо использовать метод "фотометрической астрометрии".

6. Наблюдаемые кривые блеска астероидов с широкими максимумами и узкими минимумами могут быть обусловлены эллипсоидальной формой или формой "чечевица" только в случае высокоамплитудных кривых блеска (амплитуда $\Delta m \approx 0.5$ зв. вел. и больше). Для астероидов с меньшими амплитудами кривых блеска такие асимметричные кривые блеска могут быть обусловлены кратностью

астероида (двойная система), формой типа параллелепипеда или же сочетанием альбедных неоднородностей и особенностями формы.

Астероиды с большими значениями параметра асимметрии m/n 118, 130, 152, 216, 944 и 1482 могут быть кандидатами для проверки на двойственность.

Содержание диссертации и ее основные результаты достаточно полно изложены в следующих статьях:

1. Мохамед Р.А., Лупишко Д.Ф., Шевченко В.Г. Форма астероидов: численное моделирование // Кинематика и физика небесн. тел. - 1995 (отослана в печать).
2. Lupishko D.F., Mohamed R.A. A new calibration of the polarimetric albedo scale of asteroids // Icarus. - 1995 (in press).
3. Michalowski T., Mohamed R.A., Velichko F.P. Photometry and spin vector of asteroid 10 Hygiea // Minor Planet Bull. - 1995. - V. 22, № 3. - P. 35-36.
4. Mohamed R.A., Chiorny V.G., Dovgopol A.N., Shevchenko V.G. Photometry of five asteroids: 189 Phtia, 220 Stephania, 289 Nenetta, 312 Pierretta and 626 Notburga // Astron. Astrophys. Suppl. Ser. - 1994. - V. 108. - P. 69-72.
5. Mohamed R.A., Krugly Y.N., Lupishko D.F. Light curves and rotation periods of asteroids 371 Bohemia, 428 Hippo, 480 Hansa and 735 Marghanna // Astron. J. - 1995. - V. 109, № 4. - P. 1-3.
6. Mohamed R.A., Krugly Yu.N., Velichko F.P. Photometry of two Mars-crossing asteroids 2078 Nanking and 2204 Lyyli // Planet. Space Sci. - 1994. - V. 42, № 4. - P. 341-343.
7. Shevchenko V.G., Chiorny V.G., Kalashnikov A.V., Krugly Yu.N., Mohamed R.A., Velichko F.P. Magnitude-phase dependences for three asteroids // Astron. Astrophys. Suppl. Ser. - 1995 (in press).
8. Shevchenko V.G., Chiorny V.G., Krugly Yu.N., Lupishko D.F., Mohamed R.A., Michalowski T., Avramchuk V.V., Dovgopol A.N. Photometry of seventeen asteroids // Icarus. - 1992. - V. 100. - P. 295-306.

Сыснн

AB 33.086