

УДК 523.44

## О возможной двойственности астероида 39 Летиция

*В.В. Прокофьева-Михайловская*<sup>1</sup>, *Ю.В. Батраков*<sup>2</sup>, *Л.Г. Карачкина*<sup>1</sup>, *Д.В. Бондаренко*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, АР Крым, Научный  
*prok@crao.crimea.ua*

<sup>2</sup> Институт прикладной астрономии РАН, 191187, Россия, Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 29 ноября 2011 г.

**Аннотация.** Астероид 39 Летиция наблюдался на цифровом телевизионном комплексе НИИ “КрАО” в 2000 г. одновременно в трех областях спектра, в полосах, близких к В, V и R. Анализ абсолютного блеска показал присутствие периода  $P = 0.^d214$ , близкого к известному периоду вращения  $P = 0.^d214093$ . В изменениях показателей цвета В–V и V–R этот период полностью отсутствует. Частотный анализ показателей цвета В–V и V–R астероида позволил обнаружить истинные периоды вращения компонентов:  $P_1 = 0.^d237$  и  $P_2 = 0.^d177$ . Оценки периода либрации спутника, сделанные теоретически и по наблюдениям, совпали по величине. На основе обнаружения двух периодов вращения компонентов астероида по показателям цвета В–V и V–R и периода либрации спутника по интегральному блеску сделано заключение, что астероид является двойным.

ABOUT POSSIBLE BINARITY OF ASTEROID 39 LAETITIA, *by V. V. Prokofjeva-Mikhailovskaya, Yu. V. Batrakov, L. G. Karachkina, D. V. Bondarenko.* Asteroid 39 Laetitia was observed with a digital television complex at the Scientific Research Institute “Crimean Astrophysical Observatory” in 2000 simultaneously in three spectral bands close to B, V and R. Analysis of absolute magnitude variations shows the existence of the known period of rotation  $P = 0.^d214093$ . In variations of color indices B–V and V–R this period is absent. Frequency analysis of color indices B–V and V–R allowed rotation periods of components  $P_1 = 0.^d237$  and  $P_2 = 0.^d177$  to be found. The estimations of the period of libration of the satellite made theoretically and from observations, have coincided in value. On the basis of detection of two rotation periods of this asteroid on color indices B–V and V–R and periods of libration of the satellite on integral magnitudes it was concluded that this asteroid is binary.

**Ключевые слова:** двойные астероиды, фотометрия в полосах В, V, R, частотный анализ

---

## 1 Введение

Астероид 39 Летиция находится в центральной части главного пояса астероидов (ГПА). Большая полуось его орбиты равна 2.769 AU, среднее суточное движение  $-n = 770$  угл. сек/сутки. Он расположен в непосредственной близости от резонанса с Юпитером 13/5, который соответствует суточному движению 777 угл. сек/сутки. Астероид принадлежит к динамическому семейству Цереры. По определению IRAS (Infrared Astronomical Satellite), диаметр астероида 39 Летиция составляет  $149.52 \pm 8.6$  км в предположении сферичности тела (Тедеско и др., 2002). Вращение астероида происходит с периодом  $5.^h138237$  ( $0.^d214093$ ), направление вращения прямое (Друммонд и др., 1988).

Состав астероида 39 Летиция характерен для спектрального типа S (Толен, 1989). Показатели цвета В–V астероида 39 Летиция получены рядом авторов (Тэйлор, 1971; Чепмэн и др., 1973; Уомстэкер и Сатер, 1974). Величина В–V колеблется в пределах от  $0.^m85$  до  $0.^m92$ . Служба эфемерид малых тел приводит для астероида среднее значение В–V =  $0.^m898$  ([http://www.alcyoneephemeris.info/data/39\\_Laetitia.html](http://www.alcyoneephemeris.info/data/39_Laetitia.html)).

Кривые блеска астероида 39 Летиция были получены в течение десятков оппозиций. Астероид был объектом известной программы “Фотометрическая геодезия астероидов главного пояса” (Вейденшиллинг и др., 1987, 1990; Друммонд и др., 1988, 1991). Амплитуды кривых блеска переменны в широком диапазоне от  $0.^m08$  до  $0.^m53$  (Магнуссон, 1986). Астероид наблюдался в ГАО в Пулково в интегральном свете (Верещагина и др., 2009). Амплитуда кривой блеска составляла  $0.^m2$  в октябре 2006 г.,  $0.^m25$  – 30 января 2007 г., а 31 января она увеличилась до  $0.^m5$ . Авторы предположили наличие сложной формы или возможной двойственности астероида.

Моделирование астероида, выполнявшееся разными авторами на основании кривых блеска, предполагает как наличие одиночного тела сложной формы, так и двойной системы.

Определение отношений полуосей  $a/b$  и  $b/c$  в моделях трехосного одиночного тела различается у разных авторов в зависимости от взятых ими кривых блеска. Например,  $a/b = 1.58$ ,  $b/c = 2.08$  в работе Залшала и Княжевича (1984);  $a/b = 1.45$ ,  $b/c = 1.48$  в работе Друммонда и др. (1988);  $a/b = 1.50$ ,  $b/c = 1.50$  в работе Магнуссона (1986);  $a/b = 1.49$ ,  $b/c = 1.48$  в работе Друммонда и др. (1991);  $a/b = 1.64$ ,  $b/c = 1.80$  в работе Сатера (1976). Отношение  $a/c$  меняется от 3.29 до 2.15, что также позволяет заподозрить двойственность астероида.

В работе Каасалайна и др. (1992) авторы предполагают, что форма астероида неправильная и очень сложная. Модель 39 Летиции (Каасалайнен и др., 2002), построенная по наблюдениям 1949–1988 гг., основана на тех же предположениях. В ней также имеют место модели астероидов 22 Каллиопа, 45 Евгения и 87 Сильвия, у которых к настоящему времени точно установлено наличие спутников, но модели представляют их как одиночные тела. Данные наблюдений были усреднены, и спутники не проявились. Возможно, 39 Летиция также не является одиночным телом.

Итальянские астрономы (Челлино и др., 1985) выработали критерии, по которым двойной астероид можно отличить от одиночного по кривым блеска. Они указали десять объектов с признаками двойственности. Одним из них был астероид 39 Летиция. Авторы предположили, что 39 Летиция состоит из двух тел, имеющих форму трехосных эллипсоидов с размерами  $145 \times 130 \times 120$  км для главного тела и  $120 \times 70 \times 70$  км для спутника. Среднее расстояние между ними было оценено как 168 км при плотности тел  $5.0 \text{ г/см}^3$ .

Известно, что в Солнечной системе существует большая популяция астероидов со спутниками (Прокофьева и др., 1995; Прокофьева и др., 2005). Их в настоящее время известно более 200, девять из которых состоят из трех тел. Около трети астероидов со спутниками находятся в ГПА (<http://www.johnstonsarchive.net/astro/asteroidmoons.html>). Изучение спутниковых систем астероидов дает возможность более точно решить задачу определения масс астероидов, их плотностей и других физических характеристик.

Целью настоящей работы является доказательство двойственности астероида 39 Летиция. Для этого был проведен анализ его показателей цвета В–V и V–R, полученных по одновременным наблюдениям астероида в полосах В, V, R.

## 2 Одновременные наблюдения астероида 39 Летиция в спектральных полосах В, V, R

Анализ одновременных наблюдений астероида в полосах В, V, R дает возможность выделить периоды вращения компонентов астероида. Изменение показателей цвета В–V и V–R связаны с отражательными свойствами поверхностей компонентов. Наличие в изменениях показателей цвета периодов, отличных по величине от принятого периода вращения астероида, свидетельствует о сложном строении астероида (Прокофьева и др., 1995; Прокофьева и др., 2005). Этот метод разработан и многократно опробован на двойных астероидах в НИИ “КрАО”.

Для доказательства двойственности астероида нами были проведены наблюдения одновременно в полосах В, V, R, что позволяет сделать телевизионная цифровая установка НИИ “КрАО”, работающая на вакуумных передающих телевизионных трубках (Абраменко и др., 1984). Известно, что электронное изображение, получаемое после фотокатода с внешним фотоэффектом, практически безинерционно и им можно управлять. Управление потоком фотоэлектронов было сделано А.Н. Абраменко, причем смещение изображения исследуемого объекта с высокой точностью было синхронизовано со сменой светофильтров (Абраменко и др., 1984). Для этого на турели были установлены специальные датчики положения светофильтров перед фотокатодом. На выходе телевизионной системы оператор регистрирует три изображения объекта в трех разных светофильтрах. Происходит прерывистое накопление информации в каждом изображении, но оно незаметно для глаза, так как турель быстро вращается, делая 150 оборотов в минуту. Многократная проверка показала высокую четкость работы устройства.

Наблюдения астероида 39 Летиция проводились на полуметровом телескопе МТМ-500 ( $F = 6.5\text{m}$ ) в 1999 и 2000 годах. Использовалась цифровая телевизионная система с передающей трубкой суперизокон ЛИ 804. Система быстрой смены светофильтров обеспечивала одновременную регистрацию блеска астероида в спектральных полосах В, V, R, близких к полосам В и V Джонсона-Моргана и R Джонсона (Абраменко и др., 1984, стр. 131; Прокофьева и др., 1992). Фотометрические наблюдения были калиброваны с помощью изображений четырех искусственных звезд теста. Их блеск периодически привязывался к блеску стандартных звезд. Информация телевизионных кадров оцифровывалась и суммировалась в цифровом виде внутри строба, в который помещались изображения астероида в трех полосах В, V, R и изображения четырех звезд теста. В ЭВМ усреднялась информация от 200 телевизионных считываний, что обеспечивало точность измерений блеска астероида в каждой из полос около  $0.^m01$  (Абраменко и др., 1984, стр. 199). Напомним, что астероид был достаточно ярким и имел блеск около  $10^m$ . Время экспозиции варьировалось от 1.3 до 2.3 мин. В процессе обработки было проведено усреднение по четырем измерениям, что повысило точность полученных данных в два раза.

Таблица 1. Аспектные данные астероида 39 Летиция в 2000 г.

Дата наблюдений	Начало и конец наблюдений UT	N	$\alpha$ (2000)	$\delta$ (2000)	$\Delta$ AU	r AU	Звездная величина V	Фазовый угол $\varphi$
5 29	20 <sup>h</sup> .032–0. <sup>h</sup> 812	192	17 <sup>h</sup> 34. <sup>m</sup> 60	–7°42′.5	1.86	2.83	10. <sup>m</sup> 3	7.°5
6 06	20.008–0.532	168	17 28.07	–731.4	1.84	2.82	10.1	5.9
6 10	19.106–0.533	200	17 24.63	–728.9	1.83	2.82	10.1	5.6
6 11	19.264–0.566	260	17 23.76	–728.6	1.83	2.82	10.1	5.6

Аспектные данные наблюдений, проведенных в 2000 г., приведены в табл. 1. В первом столбце помещены даты наблюдений, во втором – моменты начала и конца наблюдений в UT, в третьем – число одновременных измерений N в полосах В, V, R, в четвертом и пятом – экваториальные координаты (прямое восхождение и склонение) на  $0^h$  эфемеридного времени, отнесенные к равноденствию J2000, в шестом и седьмом – геоцентрическое и гелиоцентрическое расстояния астероида, в восьмом – видимая звездная величина V, в девятом – фазовый угол Солнца (Кочетова, Шор, 2009). Фотометрические данные, полученные в 2000 г., представляют собой довольно плотные ряды наблюдений, полученные на интервале 13 суток. Общее число наблюдений составляло 792 в 1999 г. и 820 в 2000 г. Они были получены в течение шести и четырех наблюдательных ночей соответственно (Прокофьева и др., 2008; Батраков и др., 2010). В 1999 г. распределение наблюдений по времени было менее удачным, чем в 2000 г. Поэтому ниже приведены только результаты, полученные по на-

блюдениям 2000 г. Данные 1999 г., полученные в полосах В, V, R, использованы для подтверждения значений полученных периодов.

Внеатмосферный блеск астероида в полосе V определялся по формуле

$$V = V_0 + V_{in} - \alpha_v F(z), \quad (1)$$

где  $V_0$  – нуль-пункт инструментальной шкалы звездных величин, позволяющий перейти от инструментальной системы к системе Джонсона-Моргана,  $\alpha_v$  – коэффициент экстинкции в полосе V,  $F(z)$  – воздушная масса, на которой проводились наблюдения;  $V_{in}$  – инструментальная звездная величина астероида в полосе V. Определение  $V_0 = 15.^m98 \pm 0.^m003$  для одновременных наблюдений в полосах BVR проводилось в 1998–2000 гг. по наблюдениям стандартных звезд.

При обработке наблюдений использовались значения экстинкции земной атмосферы, полученные в каждую ночь по наблюдениям стандартных звезд: HD 105203 ( $V = 9.^m485$ ), HD 100361AB ( $V = 9.^m395$ ) и HD 149411 ( $V = 9.^m610$ ). Обычно они были расположены не далее нескольких градусов от астероида. Определения экстинкции позволили вычислить внеатмосферный блеск астероида в полосе V и внеатмосферные значения показателей цвета B–V и V–R (Прокофьева и др., 1992). Значения абсолютной звездной величины астероида H были определены по формуле Боуэлла (Кочетова, Шор, 2009). За время наблюдений аспектные данные астероида в 2000 г. изменились несущественно, и поэтому для частотного анализа можно было применить методику, используемую в НИИ “КрАО” для поиска скрытых периодов (Прокофьева и др., 1995).

### 3 Анализ абсолютного блеска H астероида 39 Летиция

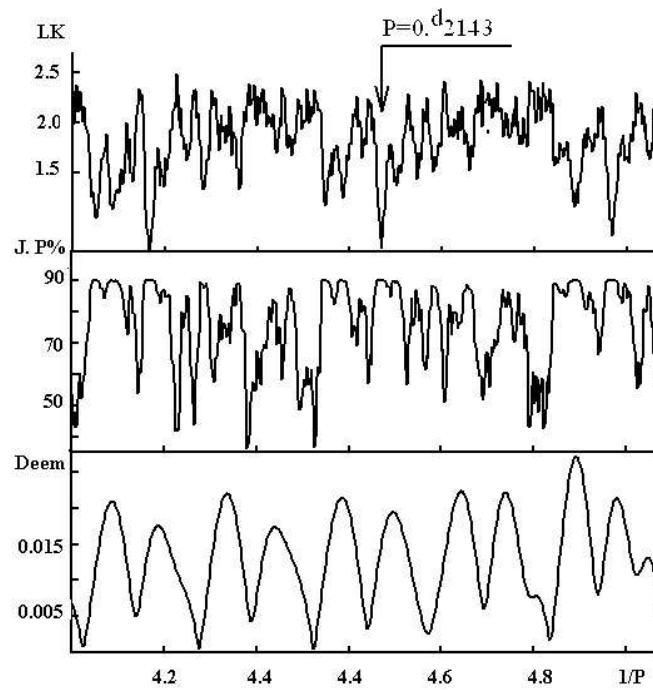
Абсолютный блеск астероида H, определенный по данным, полученным в полосе V, должен содержать известный период вращения астероида. С целью поиска этого периода был проведен частотный анализ данных H.

Сначала поиск периодов проводился в широком диапазоне частот, а потом в более узких диапазонах уточнялась найденная частота с помощью трех методов: Лафлера-Кинмана, Юркевича и Диминга. С найденным периодом строились свертки (фазовые диаграммы), проводились полиномы и определялись их амплитуды. Для оценки вероятности существования периода всегда вычислялось отношение сигнал/шум  $\sigma = S/N$ , представляющее собой отношение величины амплитуды свертки к точности ее определения.

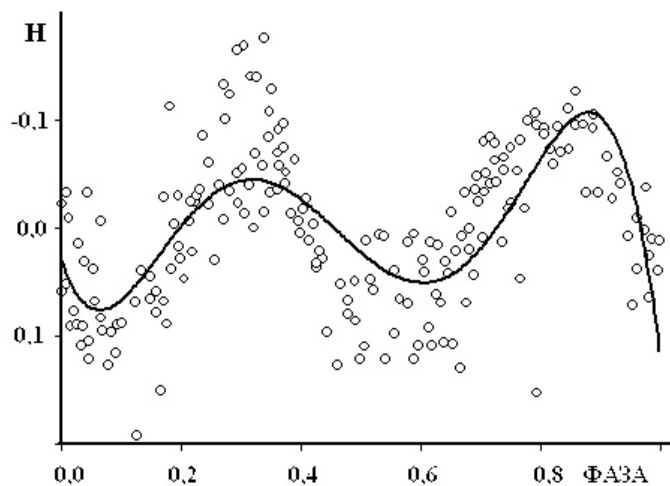
На рис. 1 приведены периодограммы, которые построены по данным абсолютного блеска астероида H в диапазоне частот 4.0–5.3 с/d. Все три графика показывают существование известного периода вращения астероида  $P = 0.^d2143$ , который практически совпадает с известным периодом  $P = 0.^d214093$ . На верхнем рисунке период вращения астероида отмечен стрелкой. Метод Лафлера-Кинмана дает симметричную картину относительно соответствующего ему глубокого минимума, что свидетельствует о его реальности. Метод Юркевича показывает вероятность существования периода 99.9 %.

Максимальная амплитуда фазовой диаграммы (свертки), построенной с этим периодом и приведенной на рис. 2, составляет  $A = 0.^m18$ , отношение сигнал/шум составляет  $S/N = 18$ . Кривая двугорбая с максимумами разной амплитуды. На рисунке четко видно изменение максимального блеска астероида в первом максимуме, причем разница блеска в максимумах, наблюдавшихся в разные дни, составляет более  $0.^m1$ . Разброс данных в первом минимуме, также превосходящий  $0.^m1$ , по-видимому, обусловлен изменениями блеска астероида.

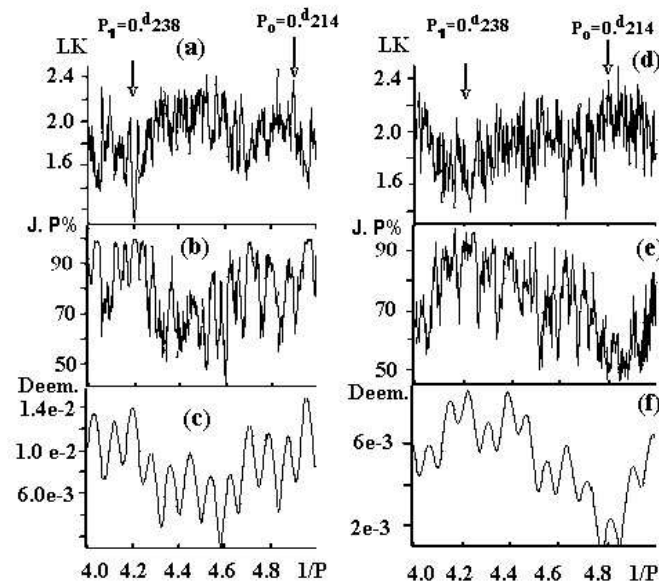
Таким образом, частотный анализ значений абсолютного блеска H астероида 39 Летиция на высоком уровне значимости показал величину периода  $P_o = 0.^d214$ , который совпадает с величиной известного периода  $P_o = 0.^d214093$ , принятого за период вращения астероида в предположении, что он является монолитным телом. Это совпадение значений периодов подтверждает правильность наших наблюдений и результатов частотного анализа.



**Рис. 1.** Периодограммы, построенные по трем методам по данным  $H$ , полученным в 2000 г. Графики (сверху вниз) выполнены методами Лафлера-Кинмана, Юркевича и Диминга соответственно. По осям ординат – параметр  $LK$ , вероятность существования периода  $J. P \%$  и амплитуды найденных синусоид  $Deem$ . По оси абсцисс – частота в циклах за сутки ( $c/d$ ). Стрелками указано положение известного периода вращения астероида  $P_o = 0.d2143$ . Нулевая фаза  $\Phi_o = 2451694.d3636$



**Рис. 2.** Фазовые диаграммы (свертки), построенные по значениям  $H$ , с периодом  $P_o = 0.d2143$ . Кривая – полином 5 степени. Нулевая фаза та же, что на рис. 1



**Рис. 3.** Периодограммы, построенные по данным В–V (а, b, с – слева), и V–R (d, e, f – справа), полученным в 2000 г. Стрелками указаны найденный период  $P_1 = 0.^d238$  и место известного периода вращения  $P_0 = 0.^d214$ , который на всех графиках отсутствует. По осям ординат – то же, что на рис. 1

#### 4 Обнаружение периодов вращения компонентов астероида по показателям цвета В–V и V–R

Показатели цвета В–V и V–R были проанализированы в широком диапазоне частот с целью доказательства отсутствия в них известного периода вращения астероида и обнаружения периодов вращения компонентов астероида.

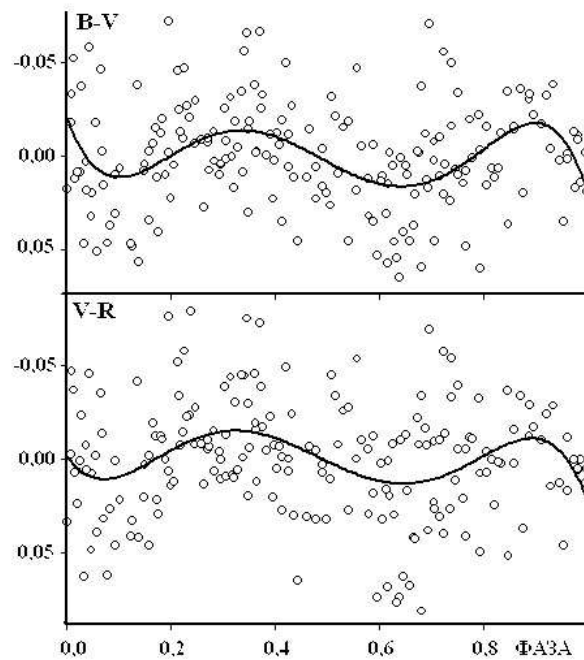
На рис. 3 приведены периодограммы, полученные в интервале частот от 4 до 5 с/d по показателю цвета В–V (слева) и V–R (справа). Стрелкой справа отмечено положение найденного периода  $P_1 = 0.^d238$ , соответствующего частоте 4.20 с/d. Метод Лафлера-Кинмана в этом месте показывает глубокий минимум, метод Юркевича – вероятность существования периода 99.43 %, а метод Диминга – один из самых значимых максимумов в приведенном диапазоне.

Известный период вращения астероида  $P_0 = 0.^d214$ , местоположение которого указано стрелкой справа на рис. 3, отсутствует на всех графиках. Особенно четко это демонстрируют результаты частотного анализа данных V–R. В этом месте на периодограмме нет минимума в данных Лафлера-Кинмана, а глубокий минимум показывают методы Юркевича и Диминга.

Таким образом, все три метода частотного анализа показателей цвета В–V и V–R уверенно показывают отсутствие известного периода вращения, который общепризнан в предположении одиночного тела астероида.

На фазовой диаграмме, приведенной на рис. 4 и построенной с периодом  $P_1 = 0.^d238$ , проведен полином 5 степени. Кривая двугорбая, амплитуда изменений показателя цвета составляет около  $0.^m03$ , отношение сигнала к шуму 5, что указывает на достаточно высокую значимость найденного периода.

Для дальнейшего поиска периодов было проведено отбеливание данных показателей цвета за период  $P_1 = 0.^d238$ . Предварительный анализ в широком диапазоне частот методом Диминга указал на существование периода  $P_2 = 0.^d177$ . Более точно анализ проводился в диапазоне частот 5.0–6.0 с/d тремя методами. Был найден период  $P_2 = 0.^d177$  ( $1/P = 5.65$ ). Данные, полученные по методу Лафлера-Кинмана, показали его присутствие. Вероятность по Юркевичу составляет 87 %.



**Рис. 4.** Фазовые диаграммы (свертки), построенные со значением периода  $P_1 = 0.^d238$  по данным В-V (вверху) и В-V (внизу). Кривые – полиномы 5 степени. Нулевая фаза та же, что на рис. 1

Построенная с этим периодом свертка данных В-V и V-R имеет амплитуду около  $0.^m03$  и отношение сигнала к шуму около 3. После отбеливания данных показателей цвета за период  $P_2 = 0.^d177$  вероятность по методу Юркевича уменьшается до 50 %. Сделан вывод, что другие периоды незначимы.

Таким образом, по наблюдениям показателей цвета В-V и V-R были найдены периоды вращения компонентов двойного астероида  $P_1 = 0.^d238$  и  $P_2 = 0.^d177$ . Их отношение с большой точностью составляет 4:3, что свидетельствует о синхронности вращения компонент и подтверждает реальность наших результатов.

## 5 Анализ абсолютного блеска астероида после его отбеливания за известный период вращения

После нахождения периодов вращения компонент был снова проведен анализ данных абсолютного блеска, но при этом было проведено их отбеливание за найденный известный период вращения астероида. Проведенный анализ отбеленных данных показал присутствие периода  $P_1 = 0.^d238$ , который дал свертку с амплитудой  $0.^m28$  при отношении величины амплитуды к точности ее определения, равным 9. Период  $P_2 = 0.^d177$  найден не был.

На основании полученных результатов можно сделать предположение, что главное тело, вращающееся с периодом  $P_2 = 0.^d177$ , имеет форму, близкую к сфере. Спутник же находится на синхронной орбите, его период вращения равен периоду орбитальному  $P_1 = 0.^d238$ . Присутствие периода в изменениях абсолютного блеска Н позволяет предположить вытянутую форму спутника.

Отметим, что оценка отношений полуосей спутника, сделанная Челлино и др. (1985), достаточно хорошо согласуется с нашими результатами. Такой спутник может обладать либрацией, которая проявляется только в изменениях абсолютного блеска астероида.

## 6 Период либрации спутника астероида 39 Летиция

Поиск периода либрации производился как при частотном анализе абсолютного блеска астероида, так и был вычислен теоретически (Прокофьева и др., 2008; Батраков и др., 2010). Сравнение полученных данных позволило сделать окончательный вывод и привести реальное значение периода.

Для поиска периода либрации был использован массив абсолютного блеска астероида 39 Летиция после отбеливаний за орбитальный период  $0.^d214$  (считавшийся периодом вращения одиночного тела) и периоды вращения спутника  $P_1 = 0.^d238$  и центрального тела  $P_2 = 0.^d177$ . После трех отбеливаний были найдены три довольно уверенных периода:  $0.^d202$ ,  $0.^d190$  и  $0.^d170$ , имеющих амплитуды  $0.^m03$ ,  $0.^m03$  и  $0.^m05$  и отношения сигнала к шуму 3.5, 4 и 7 соответственно. Они оказались сопряженными, так как при вычитании одного из них удалялись все. В показателях цвета В–V и V–R этих периодов нет.

Для теоретической оценки было предположено, что спутник колеблется вокруг своей оси инерции, направление которой нормально к плоскости орбиты спутника, отклоняясь от радиус-вектора главный компонент – спутник на малые углы. Либрация имеет место лишь в орбитальной плоскости. Орбита спутника считается круговой. Главный компонент системы считаем материальной точкой, так как его форма ближе к шару, чем фигура спутника. Гравитационный потенциал спутника аппроксимирован шестью первыми гармониками его разложения. Было найдено несколько периодов, из которых наиболее вероятен период  $0.^d205$ , что очень близко периоду  $P_3 = 0.^d202$ , полученному при частотном анализе (Батраков и др., 2010). Это позволяет допустить, что период  $P_3 = 0.^d202$  в изменениях блеска астероида может быть объяснен малоамплитудной либрацией спутника.

Совпадение полученного теоретически периода  $P = 0.^d205$  с периодом, полученным при частотном анализе абсолютного блеска  $P_3 = 0.^d202$ , может рассматриваться как подтверждение гипотезы о существовании малой либрации спутника в двойной системе астероида 39 Летиция.

## 7 Заключение

Крупный астероид ГПА 39 Летиция является хорошо исследованным объектом. Он входит в обзоры наблюдений, проводившихся на многих обсерваториях. Кривые блеска этого астероида имеют целый ряд особенностей, которые не позволяют авторам статьи согласиться с моделью одиночного тела. Достаточно упомянуть плоский максимум в работе (Вейденшиллинг и др., 1987), быструю переменность амплитуды и изменение форм кривых блеска (Вейденшиллинг и др., 1987; Друммонд и др., 1988; Друммонд и др., 1991; Верещагина и др., 2009). В рамках предположения об одиночном теле астероида трудно объяснить разные значения отношений полуосей  $a/b$  и  $b/c$ , полученные многими авторами (Друммонд и др. 1988; Друммонд и др. 1991; Сатер, 1976; Запала и Княжевич, 1984).

Челлино и др. (1985) включили астероид 39 Летицию в список подозреваемых в двойственности объектов ГПА. Они указывают, что особенности кривых блеска 39 Летиции могут быть объяснены наличием его двойственности.

Анализ показателей цвета В–V и V–R астероида 39 Летиция по наблюдениям, полученным одновременно в полосах В, V, R в НИИ “КрАО”, показал отсутствие известного периода вращения  $P = 0.^d214093$  ( $5.^h138237$ ). По показателям цвета В–V и V–R были найдены два периода  $P_1 = 0.^d238$  и  $P_2 = 0.^d177$ , которые интерпретированы как периоды вращения двух компонент.

Частотный анализ блеска астероида Н показал присутствие известного периода вращения  $P = 0.^d214093$ . Регистрация его является лучшим доказательством верности нашей методики и подтверждением того, что точность данных позволяет получить правильный результат. После отбеливания за этот период обнаружилось, что период, интерпретируемый нами как период вращения спутника  $P_1 = 0.^d237$ , присутствует в данных Н. Сделан вывод, что, по-видимому, центральное тело круглое, а спутник имеет вытянутую форму.

Было высказано предположение, что в системе центральное тело-спутник существует либрация в орбитальной плоскости, которая влияет на блеск астероида. Массив абсолютного блеска 39 Летиции после трех отбеливаний выявил наличие трех периодов:  $0.^d202$ ,  $0.^d190$  и  $0.^d170$ . Отбеливания



одного из них удаляло остальные два, что свидетельствует о том, что они сопряженные. Для теоретической оценки периода либрации предположили, что спутник колеблется вокруг своей оси инерции, направление которой нормально к плоскости орбиты спутника, отклоняясь от радиус-вектора главный компонент – спутник на малые углы. Гравитационный потенциал спутника был аппроксимирован шестью первыми гармониками его разложения. Расстояние между центральным телом и спутником взято из модели Челлино и др (1985). Было найдено несколько периодов, из которых наиболее вероятен период  $0.^d205$ , что очень близко периоду  $P_3 = 0.^d202$ , полученному при частотном анализе. Совпадение теоретических и наблюдательных данных подтвердило наличие либрации спутника.

Таким образом, использование показателей цвета В–V и V–R, определенных по одновременным наблюдениям в полосах В, V, R, позволило уверенно определить его двойственность по наблюдениям, полученным за короткий промежуток времени. Сделан вывод, что астероид состоит из двух тел, вращающихся вокруг своих осей с найденными периодами:  $P_1 = 0.^d238$  (спутник) и  $P_2 = 0.^d177$  (центральное тело). Найден период либрации спутника  $P_3 = 0.^d202$ .

## Литература

- Абраменко А.Н., Агапов Е.С., Анисимов В.Ф., Прокофьева В.В., Синенко С.М. // Телевизионная астрономия. 2-е издание. / Ред. Никонов В.Б. М.: Наука. 1984.
- Акимов Л.А., Лупишко Д.Ф., Бельская И.Н. // Астрон. журн. 1983. Т. 60. № 5. С. 999.
- Батраков и др. (Batrakov Yu.V., Prokof'eva V.V., Karachkina L.G.) // Protecting the Earth against collisions with asteroids and comet nuclei. / Eds Finkelstein A.M., Huebner W.F., Shor V.A. Proc. of the Intern. Conf. St. Petersburg. Nauka. 2010. P. 95.
- Вейденшиллинг и др. (Weidenschilling S.J., Chapman C.R., Davis D.R., et al.) // Icarus. 1987. V. 70. № 2. P. 191.
- Вейденшиллинг и др. (Weidenschilling S.J., Chapman C.R., Davis D.R., et al.) // Icarus. 1990. V. 86. № 2. P. 402.
- Верещагина И.А., Горшанов Д.А., Девяткин А.В., Папушев П.Г. // Астрон. вестник. 2009. Т. 43. № 4. С. 305.
- Друммонд и др. (Drummond J.D., Weidenschilling S.J., Chapman C.R., et al.) // Icarus. 1988. V. 76. № 1. P. 19.
- Друммонд и др. (Drummond J.D., Weidenschilling S.J., Chapman C.R., et al.) // Icarus. 1991. V. 89. № 1. P. 44.
- Запала и Княжевич (Zappala V., Knezevic Z.) // Icarus. 1984. V. 59. P. 436.
- Каасалайнен и др. (Kaasalainen M., Lamberg L., Lumme K.) // Astron. Astrophys. 1992. V. 259. P. 333.
- Каасалайнен и др. (Kaasalainen M., Torppa J., and Piironen J.) // Icarus. 2002. V. 159. P. 369.
- Кочетова, Шор (Kochetova O.M., Shor V.A.) // System for reproducing tables of the year-book “Ephemerides of Minor Planets for 2010” and for solving the problems, associated with using the tables. St. Petersburg. 2009.
- Магнуссон (Magnusson P.) // Icarus. 1986. V. 68. № 1. P. 1.
- Прокофьева В.В., Демчик М.И., Карачкина Л.Г., Павленко Е.П. // Астрон. вестник. 1992. Т. 26. № 5. С. 3.
- Прокофьева В.В., Таращук В.П., Горькавый Н.Н. // Успехи физ. наук. 1995. Т. 165. № 6. С. 661.
- Прокофьева В.В., Батраков Ю.В., Карачкина Л.Г. // Кинем. и физ. небесн. тел. 2005. Т. 21. С. 323.
- Прокофьева В.В., Карачкина Л.Г., Батраков Ю.В. // Международная конференция “Динамика тел Солнечной системы”. Тезисы. Россия. Томск. 2008.
- Сатер (Sather R.E.) // Astron. J. 1976. V. 81. P. 67.
- Тедеско и др. (Tedesco E.F., Noah P.V., Noah M., Price S.D.) // Astron. J. 2002. V. 23. P. 1056.
- Тэйлор (Taylor R.C.) // IAU colloquium № 12 “Physical studies of minor planets”. / Ed. Gehrels T. NASA. SP-267. Tucson. Arizona. 1971. P. 117.
- Толен (Tholen D.J.) // Asteroids II. / Eds Binzel R.P., Gehrels T., Matthews M.S. Tucson: Univ. of Arizona Press. 1989. P. 1139.

Уомстэкер и Сатер (Wamsteker W. and Sather R.E.) // *Astron. J.* 1974. V. 79. № 12. P. 1466.

Челлино и др. (Cellino A., Pannunzio R., Zappala V., et. al.) // *Astron. Astrophys.* 1985. V. 144. № 2. P. 355.

Чепмэн и др. (Chapman C.R., McCord T.B., Johnson T.V.) // *Astron. J.* 1973. V. 78. № 1. P. 126.