



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**Астрометрия, геодинамика  
и небесная механика  
на пороге XXI века**

**Санкт-Петербург  
2000**

## Уточнение эфемериды Юпитера по Николаевским наблюдениям галилеевых спутников 1963–1997 гг.

М. В. Васильев<sup>1</sup>, Г. А. Красинский<sup>1</sup>, М. Л. Свешников<sup>1</sup>,  
Г. К. Горель<sup>2</sup>, Л. А. Гудкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Россия,

<sup>2</sup> Николаевская астрономическая обсерватория, Николаев, Украина

Опубликование каталога Гиппарх обусловило появление новых возможностей изучения движения тел Солнечной системы классическими методами наземной астрометрии. Для достижения точности планетных наблюдений, сопоставимых с внутренней точностью этого каталога (порядка миллисекунды дуги) наиболее перспективной методикой, как нам представляется, является организация специальной программы наблюдений с использованием в качестве опорных звезд непосредственно из каталога Гиппарха. Поскольку количество звезд в этом каталоге относительно невелико, то такие наблюдения могут быть выполнены лишь в эпохи достаточной близости видимых положений звезды и наблюдаемого небесного тела, когда оба объекта находятся в поле ПЗС камеры. Пробные наблюдения, реализующие эту идею на примере галилеевых спутников Юпитера, продемонстрировали возможность получения абсолютных положений этих спутников в системе Гиппарха с ошибкой порядка нескольких десятков миллисекунды дуги. Для старых наблюдений важным ресурсом увеличения точности является их новая редукция с использованием координат звезд из Гиппарха.

В данной работе описываются результаты такого подхода при анализе весьма продолжительного и однородного ряда фотографических наблюдений, полученного в Николаевской обсерватории в 1963–1997 г. (1200 наблюдений пар координат). Ценность этого наблюдательного материала для динамической астрономии обусловлена следующими обстоятельствами.

В настоящее время высокоточные радиотехнические измерения дальности до внутренних планет (как наземные, так и траекторные) привели к построению эфемерид, обеспечивающих ошибку вычисленных относительных положений внутренних планет, не превышающую миллисекунды дуги. В определенной степени это справедливо и для эфемериды Юпитера, которая довольно надежно, хотя и косвенно, контролируется анализом высокоточных измерений дальности до марсианских спускаемых аппаратов Viking 1-2 и Pathfinder (ошибки измерений имеют порядок нескольких метров) по возмущениям, оказываемым Юпитером. Эта методика, одна-

ко, не позволяет уточнить наклонение и узел орбиты Юпитера, которые должны определяться из других измерений. Принципиально новые возможности уточнения эфемериды Юпитера представляют радиоинтерферометрические наблюдения, полученные с помощью космического аппарата Galileo, запущенного к Юпитеру. Поскольку такие наблюдения отнесены непосредственно к системе координат ICRS, то их использование, как предполагается, привело к тому, что стандартная эфемерида DE403 относится не к динамической системе координат, а к ICRS. К сожалению, проверка этого обстоятельства в настоящее время затруднительна, поскольку радиоинтерферометрические наблюдения по проекту Galileo все еще недоступны для независимого анализа. Если бы можно было считать, что привязка Юпитера к системе ICRS в этих эфемеридах выполнена достаточно точно (на миллисекундном уровне), то анализ николаевских наблюдений позволил бы с высокой точностью привязать Гиппарх к системе ICRS. В противном случае эти наблюдения позволяют уточнить лишь ориентацию орбиты Юпитера в системе Гиппарха.

Преимущества использования абсолютных наблюдений галилеевых спутников для уточнения эфемериды Юпитера, обусловленные отсутствием значительных фазовых ошибок, были продемонстрированы Моррисоном, который на основе анализа сравнительно немногочисленных меридианных наблюдений наиболее удаленных спутников Юпитера (Ганимед и Каллисто) убедительно выявил наличие заметных ошибок элементов орбиты Юпитера в эфемеридах DE200. Представлялось, что гораздо более продолжительный ряд николаевских наблюдений всех четырех галилеевых спутников окажется не менее информативным для контроля элементов Юпитера в более совершенных эфемеридах DE403 и DE405. Дополнительным, но весьма важным наблюдательным материалом, позволяющим контролировать орбиту Юпитера, являются радиолокационные измерения дальности до Ганимеда и Каллисто, а также несколько синтезированных измерений дальности непосредственно до центра масс Юпитера, выведенные из анализа траекторных измерений. Если при выводе наблюдаемых положений Юпитера из анализа оптических наблюдений его спутников эфемериды этих спутников, вычисляемые по стандартным эфемеридам Лиске, можно считать достаточно точными, то более точные измерения дальности спутников выявляют заметные ошибки этих эфемерид.

Для того, чтобы результаты не были отягощены этими ошибками, нами была развита численная теория движения галилеевых спутников Юпитера, элементы орбит которых уточнялись в процессе совместной обработки оптических и радиотехнических измерений. Эта обработка проводилась для трех эфемерид больших планет — DE403, DE405 и численной эфемериды планет и Луны, разрабатываемой в Лаборатории эфемеридной астро-

номии ИПА РАН. В последнем случае полученные поправки были введены в эти эфемериды, имеющие предварительное обозначение EPM-2000.

В таблице приведены поправки к элементам Юпитера для эфемерид DE403 и DE405, Большая полуось не определялась, остальные пять параметров имеют смысл  $i \cos \Omega$ ,  $i \sin \Omega$ ,  $e \cos \pi$ ,  $e \sin \pi$ ,  $\lambda$ , где  $i$ ,  $e$ ,  $\Omega$ ,  $\pi$ ,  $\lambda$  - наклонение, эксцентриситет, долготы узла и перигелия орбиты и средняя долгота Юпитера. Таблица показывает, что эфемериды Юпитера в DE403 и DE405 заметно различаются, причем нельзя утверждать, что DE405 лучше согласуется с наблюдениям, чем DE403.

Поправки к элементам Юпитера (миллисекунды дуги).

Теория	$i \cos \Omega$	$i \sin \Omega$	$e \cos \pi$	$e \sin \pi$	$\lambda$
DE403	$-69 \pm 5$	$18 \pm 5$	$-3 \pm 1$	$-1 \pm 5$	$-18 \pm 5$
DE405	$-1 \pm 5$	$-18 \pm 5$	$-4 \pm 1$	$7 \pm 5$	$44 \pm 5$