

## ОТЗЫВ

Члена диссертационного совета Мельникова Александра Викторовича на диссертацию Бикуловой Динары Александровны на тему «Выявление динамических эффектов в движении спутников планет и астероидов на основе наблюдений покрытий и видимых тесных сближений со звездами Gaia», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

В настоящее время известно уже более двух сотен спутников планет Солнечной системы и обнаружено более миллиона астероидов. Изучение орбитальной динамики этих небесных тел представляет большой интерес как с точки зрения познания процессов формирования и эволюции планетных систем, так и с практической точки зрения. Точные эфемериды спутников планет и астероидов необходимы при планировании космических миссий к ним, а анализ астероидно-кометной опасности безусловно важен с точки зрения продолжения существования жизни на Земле. В настоящей диссертации развиваются современные методы анализа и обработки наблюдательных данных, позволяющие за счет высокой точности определения координат небесных тел выявлять в их орбитальной динамике эффекты, не учтенные в существующих эфемеридах. Особо стоит отметить, что часть результатов получена на основе наблюдений, выполненных при личном участии автора диссертации. Далее отметим ряд основных результатов, представленных в диссертации.

Проведенный анализ полученных наблюдений покрытия астероидом 87 Sylvia звезды из каталога Gaia позволил определить координаты астероида, его «мгновенный» параллакс и провести их сопоставление с имеющейся эфемеридой. Показано, что развитая в диссертационной работе методика определения координат небесных тел позволяет на основе анализа данных наблюдений всего лишь одного события достигать точности, задаваемой эфемеридой, построенной с использованием множества наблюдений.

Посредством использования оригинальной методики для анализа восьми явлений сближения АСЗ со звездами каталога Gaia выявлены расхождения моментов наступления максимальных фаз рассмотренных событий с эфемеридами NASA JPL HORIZONS. Большие значения расхождений, достигающие восьми секунд, позволили автору сделать предположение, что в существующих эфемеридах рассмотренных АСЗ не учтены какие-либо динамические эффекты.

Далее, путем анализа наблюдений тесных сближений ряда спутников Урана и спутника Нептуна — Тритона со звездами Gaia, определены координаты спутников и проведено их сопоставление с данными, которые дают различные современные теории движений спутников и планет. Сопоставление результатов определения координат спутников из наблюдений посредством использования традиционного метода астрономической редукции и метода, развитого в диссертации, позволило автору сделать вывод о существенно более высокой точности последнего.

В последней части диссертации рассмотренный в ней метод определения координат небесных тел на основе анализа их сближений со звездами Gaia применен к оцифрованным данным длительных рядов пулковских фотографических наблюдений

главных спутников Сатурна. Точность использованного в диссертации метода позволила выявить систематический тренд в современных эфемеридах главных спутников Сатурна, указывающий, по мнению автора, на неучтенные в эфемеридах динамические эффекты.

Наиболее серьезными замечаниями по диссертации являются: 1) отсутствие раздела с положениями, выносимыми на защиту; 2) не указан личный вклад автора в исследование, результаты которых опубликованы с соавторами.

По работе имеется ряд других замечаний:

1. В тексте работы рис. 2 упоминается (стр. 8) раньше рис. 1. Из пояснения к рис. 1 непонятно откуда взят рисунок — из работы Измайлова (2019), либо построен автором диссертации.
2. Автор неоднократно (см. стр. 4, 11) говорит о действии в динамике исследуемых тел YORP-эффекта, но не упоминает другие эффекты фотогравитационной небесной механики (световое давление солнечной радиации, эффект Ярковского), непосредственно влияющие на орбитальную динамику, изучению которой и посвящена диссертационная работа.
3. Ясность формулировок мыслей автора не является сильной стороной диссертации. Присутствует множество неудачных выражений. Например, на стр. 11 указано: «Реализация космических миссий ... позволила не только получить новые данные о физической природе этих небесных тел, но и пролить свет на современные вопросы небесной механики [4]». Что имел ввиду автор под «пролить свет» и «современные вопросы небесной механики»?
4. Встречается множество различных опечаток. Например, на стр. 12 упомянуты «Галилеевы спутники Юпитера», на стр. 29 — «земля», а на стр. 51 — «тритон». В разделе 7.2 название спутника Урана — Умбриэль неоднократно неправильно склоняется (Умбриэли). В наименовании раздела 7 имеет место опечатка: «Результаты наблюдений видимых тесных сближений спутников планет-гигантов и со звездами Gaia», приводящая читателя в недоумение.
5. На стр. 13 видим: «... небольшой набор примеров, демонстрирующих развитие приложений небесной механики к изучению Солнечной системы.» Не понятен смысл высказывания. Одна из фундаментальных целей небесной механики — изучение динамики Солнечной системы.
6. На стр. 29 сначала встречаем «угловых секунд/пиксель», через пару строк — «mas/pix», далее видим arcsec/pix. Следовало использовать одинаковые обозначения. Употребление терминов «arcsec» и «pix» в тексте на русском языке нельзя приветствовать.
7. На стр. 29 нет пояснения термина: «Слишком тесные явления ( $\rho < 3 * FWHM$ )», причем далее уже встречаем «FWHM».
8. На стр. 31 необходимо было дать пояснения к используемым терминам: «Мы использовали *SExtractor* [32] для автоматического выявления изображений звездообразных объектов на снимках и *offline-версию astrometry.net* [33] для распознавания звезд» и сокращениям: «WCS-параметры», «HDU», «PSF» и пр.

Следовало в текст диссертации включить раздел со списком используемых сокращений и условных обозначений.

9. Отсутствует ссылка на работы, где приведено подробное описание метода (см. стр. 31): «Речь идет о возможности использования такого метода, как *шейплет-декомпозиция* изображения астрономических объектов.» В тексте диссертации следовало более подробно описать данный метод.
10. На стр. 33 указано: «Аппроксимируя движение объекта с помощью линейной модели (2) ...». Уравнение (2) в тексте отсутствует.
11. Размещение на странице всего одного рисунка (стр. 17, 34, 35, 55, 56, 62, 63, 64) не является оптимальным.

Тема диссертационной работы несомненно является актуальной. Все полученные в работе результаты являются новыми и важными, их достоверность подтверждается проведенными в диссертации сопоставлениями с результатами других исследователей. Отмеченные выше недостатки не уменьшают ценности научных результатов, полученных в диссертационной работе, и будут полезны автору в его дальнейшей научной работе.

Диссертация Бикуловой Динары Александровны на тему: «Выявление динамических эффектов в движении спутников планет и астероидов на основе наблюдений покрытий и видимых тесных сближений со звездами Gaia» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Бикулова Динара Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,  
ведущий научный сотрудник  
Лаборатории динамики Галактики ГАО РАН  
(196140, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, 65/1),  
доктор физ.-мат. наук  
(e-mail: melnikov@gaoran.ru)

А.В.Мельников

22 марта 2023 г.

Подпись в.н.с. ГАО РАН А.В.Мельникова заверяю

Ученый секретарь ГАО РАН,  
кандидат физ.-мат. наук

22 марта 2023 г.



О.Ю.Барсунова