

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Дамбиса Андрея Карловича 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 диссертации Динары Александровны Бикуловой рассматривается очень важная задача – использование наземных астрометрических наблюдений для выявления неучтенных динамических эффектов в движении спутников планет и астероидов. Безусловной является **актуальность** этой задачи: несмотря на наличие современных высокоточных «высокотехнологичных» космических наблюдений, наземные астрометрические наблюдения остаются важным источником позиционной информации о телах Солнечной системы – не в последнюю очередь благодаря их малой затратности, массовости и намного большему временному охвату. Эти особенности позволяют в ряде случаев достигать при выявлении динамических эффектов точности, сравнимой с точностью на несколько порядков более дорогостоящих космических наблюдений (примером может служить впечатляющая оценка массы спутника Юпитера Амальтеи, полученная Vincent Robert путем анализа возмущений орбиты Ио по данным сканов многолетних фотографических наблюдений).

Диссертация Д.А.Бикуловой состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Диссертация содержит 88 страниц, 36 рисунков и 10 таблиц. В списке литературы – 41 наименование.

В первой главе дается обзор применения наземных астрометрических наблюдений для исследования динамики спутников планет и астероидов, недостатков традиционных методов и преимуществ наблюдений тесных видимых сближений объектов Солнечной системы и звезд. Вторая глава посвящена обзору выполненных наблюдений и использованных инструментов. В третьей главе описана использованная автором методика обработки изображений исследуемых и опорных объектов на полученных ПЗС кадрах и особенности применяемых методов астрометрической редукции. В четвертой главе приводятся данные наблюдений покрытия звезды Gaia DR2 679856115656562048 астероидом 87 Sylvia, а в пятой – данные наблюдений видимых сближений ряда астероидов, сближающихся с Землей, со звездами каталога Gaia. Шестая глава посвящена описанию результатов наблюдений видимых тесных сближений Тритона и спутников Урана Ариэля, Умбриэля, Титании и Оберона со звездами Gaia, а также видимых тесных сближений главных спутников Сатурна со звездами Gaia на оцифрованных сканах астронегативов фототеки ГАО РАН полученных за 35 лет наблюдений, и сравнению результатов применения нового, предложенного автором метода, с результатами обработки традиционными методами.

В диссертации предложены **новые** подходы к получению и уточнению позиционных данных для тел Солнечной системы. Один из них состоит в применении методов анализа



изображений галактик и слабого линзирования для определения параметров изображений источников на ПЗС кадрах и сканах фотопластинок, основанный на использовании шейплет-декомпозиции, что обеспечивает существенное повышение точности относительных координат тела Солнечной системы и звезды по сравнению с традиционными методами. Другое **новшество** – сосредоточение именно на явлениях тесных сближений рассматриваемых источников, что естественным образом позволяет исключить влияние позиционно-зависимых систематических ошибок и обеспечивает дополнительное повышение точности определения относительных координат по сравнению с традиционными методами с использованием координат опорных звезд, распределенных по всему ПЗС кадру.

Благодаря кратному улучшению точности астрометрической редукции автору удалось получить **новые** результаты, в частности, путем новой обработки архивных фотопластинок выявить наличие в современных эфемеридах главных спутников Сатурна неучтенного систематического тренда в зависимости от планетоцентрических долгот, достигающего величины 10 mas и интерпретируемого как проявление неучтенных динамических эффектов в современных эфемеридах. Хорошее согласие величины неучтенных отклонений, полученных по независимым рядам пулковских наблюдений и наблюдений, выполненных в Военно-морской обсерватории США, свидетельствует об **обоснованности** применяемых диссертантом методов и **достоверности** полученных результатов. Другим свидетельством **обоснованности** предложенных в диссертации методов может служить хорошее согласие данных покрытия астероида 87 Sylvia звездой Gaia с эфемеридами. **Существенным** побочным результатом этих наблюдений следует считать оценку мгновенного параллакса астероида с точностью 0.030 mas – такие результаты важны, так как уменьшают неопределенность топоцентрического расстояния и повышают точность определения закоррелированных с ним параметров орбиты астероида.

В диссертации показано, что с воспроизведением положений главных спутников Урана лучше всего справляется комбинация спутниковой теории Lainey et al. (2015) и планетной теории EPM2017, а результаты расчетов с использованием более современных планетных эфемерид хуже согласуются с наблюдениями.

К диссертации имеется ряд замечаний:

1. В диссертации не обсуждается возможность учета «уравнения блеска» - этот эффект упоминается как возможный источник систематических ошибок, но не рассматриваются возможности и не предпринимаются попытки его учета.
2. Не упомянут такой источник систематических ошибок, как дифференциальная хроматическая рефракция («уравнение цвета»).
3. Не используется такой потенциально эффективный метод оценки и учета систематических эффектов, как численное моделирование, применение которого представляется весьма желательным, учитывая ограниченность имеющихся данных.



4. В ряде мест отсутствует указание единиц измерения, в частности, на графиках на Рис. 6 (логарифм плотности), на подписях к оси ординат на Рис. 32 и 33 на с. 67 и 68, соответственно, и в тексте на с. 29 при указании размера кадра ПЗС (30 x 20 – по видимому, минут дуги)

5. Ссылка на неправильный номер формулы на с. 33: «Аппроксимируя движение объекта с помощью линейной модели (2)» – должно быть «модели (1)». Эта же формула действительно приведена под номером (2), но в английской версии – похоже что это следствие «сквозной» нумерации формул в русском и английском текстах.

6. В предложении на с. 12 «...большие орбиты этих небесных тел заметно изменяются ...» должно было быть «большие полуоси орбит ...».

7. В тексте встречаются опечатки и орфографические ошибки – «утАлитарных» на с. 5, «показан вектор, отвечающЕй отклонению...» на с. 10, «собиТия» на с. 38, «друг-другу» на с. 66, название спутника Нептуна Тритон на с. 51 напечатано с маленькой буквы, на с. 12 название спутника Юпитера Ио сопровождается местоимением мужского рода «который» (на самом деле Ио – женский персонаж), а название спутника Урана «Умбриэль» (мужской персонаж) на с. 61, 62, 63 склоняется, как если бы слово было женского рода («Умбриэли» вместо «Умбриэля»)

Вместе с тем, указанные замечания никоим образом не влияют на **безусловно положительную** оценку данной диссертации.

**Полнота представления результатов.** Основные результаты диссертации отражены в 5 научных статьях, опубликованы в рецензируемых журналах. Результаты диссертации докладывались астрономических конференциях. В работах, написанных в соавторстве, личный вклад соискателя четко обозначен.

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

Доктор физико-математических наук,

Зав. отделом астрометрии и службы времени

ГАИШ МГУ

Дамбис А.К.



20 марта 2023 г.

*Подпись руки Дамбиса А.К.*

*Нов. отделе астрометрии*

*А. Н. Новикова*