

Отзыв официального оппонента

о диссертации Спиридонова Евгения Александровича «Новые методы моделирования земных приливов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности: 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа Е.А. Спиридонова посвящена классической проблеме теории земных приливов – определению значений приливных чисел Лява и амплитудных дельта-факторов для Земли без океана с учетом влияния таких составляющих, как эллиптичность и вращение, самогравитация, диссипация, действие относительных и кориолисовых ускорений. Для этого автором работы проведено обобщение известной задачи Михаила Сергеевича Молоденского на случай эллипсоидальной вращающейся оболочки. Большое внимание в работе уделено расчету океанического гравиметрического эффекта. Выделена широкая группа факторов, влияющих на успешность его вычисления.

Тема диссертации является актуальной в связи со все возрастающими требованиями к точности моделирования земных приливов, что в свою очередь определяется существенным совершенствованием измерительной аппаратуры и обработки данных. Так, при обработке рядов, полученных в системах глобального позиционирования, величина необходимых относительных погрешностей приближается к 10^{-4} . С такой же относительной погрешностью определяются наблюдаемые значения гравиметрических амплитудных дельта-факторов, полученных путем анализа гравиметрических рядов наблюдений на сверхпроводящих гравиметрах сети Глобального геодинамического проекта.

Цель и задачи исследования сформулированы четко и ясно. Перечень поставленных задач соответствует цели работы. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы.

Полученные в работе результаты имеют широкий спектр применения. Так, современные значения приливных дельта-факторов для Земли с океаном позволяют точнее определять теоретические значения амплитуд и сдвигов фаз приливных волн, что способствует уточнению приливного анализа гравиметрических наблюдений. В свою очередь, сами эти наблюдения позволяют решать широкий круг геодезических и геофизических задач, начиная от поиска полезных ископаемых и заканчивая уточнением особенностей внутреннего строения Земли.

Знание теоретических значений приливных чисел h и l с относительной погрешностью не хуже 10^{-4} , в частности, необходимо для высокоточной обработки современных ГНСС (ГОРНАСС, GPS) наблюдений спутникового позиционирования. Это позволяет на современном уровне прогнозировать вертикальные и горизонтальные смещения земной поверхности, т.е. способствовать повышению точности координатно-временного обеспечения. Прикладную значимость диссертации повышает то обстоятельство, что основные полученные в ней теоретические результаты были применены автором к разработке программы прогноза параметров земных приливов *ATLANTIDA3.1_2014*.

Отличительной чертой работы является то, что задача определения чисел Лява для асимметричной Земли решена собственно методом Лява: смещения выражены через нормированный внешний потенциал, умноженный на некоторые функции широты и радиуса. Зависимость чисел Лява от широты не назначается заранее путем введения ограниченного набора скаляров, как в работах других авторов, а вычисляется в ходе интегрирования системы уравнений 6 порядка. Среди прочего, это обстоятельство свидетельствует о безусловной новизне реализованных автором подходов.

Основное содержание диссертации отражено в 24 статьях, в том числе в 14 статьях из списка ВАК. Е.А.Спиридонову принадлежит патент на программу прогноза параметров земных приливов *ATLANTIDA3.1_2014*. Результаты работы докладывались на четырех сессиях Европейского геофизического союза (EGU), трех симпозиумах Международной ассоциации геодезии (IAG), а также двух всероссийских конференциях, двух Сагитовских чтениях и конференции и выставке Общества нефтяных инженеров (SPE) по разработке месторождений в осложненных условиях и Арктике.

Диссертация состоит из введения, 3 глав и заключения. Общий объем диссертации 231 страница, из них 214 страниц текста, включая 85 рисунков и 30 таблиц. Список литературы содержит 116 наименований на 17 страницах.

В первой главе продемонстрирован вывод системы уравнений 6 порядка, описывающей деформированное состояние самогравитирующей сжимаемой вращающейся сферы, и показан метод интегрирования полученной краевой задачи. Далее, автор обсуждает вопросы, связанные с учетом диссипации, относительных и кориолисовых ускорений, а также расчетом океанического гравиметрического эффекта. Отдельное внимание обращает на себя предложенный автором метод разложения высоты океанического прилива по сферическим функциям. Автор применяет рекуррентные формулы сразу для интегралов от сферических функций, взятых по элементарным сферическим площадкам. Таким образом, интегралы от самих полиномов вычисляются наиболее точно.

Замечания к первой главе:

1. Работа не содержит собственной резонансной кривой, необходимой для расчета чисел Лява суточных волн. Эта кривая позаимствована из работы Дехант и др. 1999 года. Строго говоря, не ясно, позволяет ли развитый автором формализм включить в него исследование резонансных эффектов жидкого ядра и других.
2. В работе основное внимание уделено вычислению гравиметрических амплитудных дельта-факторов, однако, например, не показано, как меняются принятые в Соглашениях Международной службы вращения Земли выражения для расчета смещений в связи с указанным автором изменением вида искомого решения (1.1.9).
3. В параграфе 1.5 следовало бы сослаться на работу:
Холшевников К.В., Шайдулин В.Ш. О свойствах интегралов от многочлена Лежандра // Вестн. С.Петербург. ун-та. Сер. 1. 2014. Т. 1 (59). Вып. 1. С. 55-67. Английская версия: Kholshchevnikov K.V., Shaidulin V.Sh. On Properties of Integrals of the Legendre Polynomial // Vestnik St. Petersburg University: Mathematics, Volume 47, Number 1, 2014, 28-38.
4. На с. 59 есть ссылка на книгу Н.И.Идельсона. Но в списке литературы ее нет.

Вторая глава посвящена обсуждению полученных в диссертационной работе численных результатов. Обсуждаются значения чисел Лява и амплитудных дельта-факторов для Земли без океана. Все расчеты проведены для 12 вариантов моделей, отличающихся друг от друга учетом различных факторов. Это позволяет оценить вклад каждого из них в итоговое решение. Рассмотрены основные итоги расчета океанического гравиметрического эффекта и определена степень влияния на полученные результаты как отдельных факторов, так и их совокупности. Показано распределение по поверхности Земли амплитудных факторов и сдвигов фаз для Земли с океаном. Кратко обсуждаются возможности разработанной автором программы прогноза земных приливов ATLANTIDA3.1_2014.

Замечания ко второй главе:

5. В качестве результатов для Земли с океаном обсуждается только гравиметрический эффект. В то же время, применение полученных в диссертации значений чисел Лява этим не исчерпывается. Полезно было бы привести и обсудить результаты для приливных смещений, наклонов и деформаций. Это позволило бы оценить результаты проведенных в работе исследований более широкому кругу специалистов.
6. Обсуждая на стр. 55 отличия моделей 5 и 5а, диссертант пишет: “Однако, самое большое из этих отличий все же ничтожно мало и не может быть

обнаружено по данным современных GNSS-наблюдений.” В таком случае, зачем его обсуждать?

7. Как в уже процитированной фразе, так и ряде других текст изобилует англицизмами, которые порой могут быть не совсем понятны отечественным специалистам и вполне могут быть заменены аналогами на русском языке.
8. В разделе 2.3 речь идет о расчете чисел Лява до порядка 50 000. Однако, ни в табл. 2.3.2, ни на последующих рисунках числа этого порядка не фигурируют. Все ограничивается порядком 10 000.

В третьей главе проводится сравнение полученных в работе теоретических результатов с данными наблюдений. Для этого были применены данные с 14 пунктов сети сверхпроводящих гравиметров Глобального геодинимического проекта (*GGP*). Приведено краткое описание исходных данных наблюдений и показаны методы сравнительного анализа. Продемонстрировано хорошее совпадение расчетных и наблюдаемых значений амплитудных дельта-факторов, рассчитанных в диссертационной работе, по сравнению с их значениями, взятыми из широко известной негидростатической модели *DDW/NH* Вероник Дехант и др.

Замечания к третьей главе:

9. Сравнение с данными наблюдений проведено только по гравиметрическим данным. Между тем основных гравиметров сети Глобального геодинимического проекта всего 14, в то время как пунктов системы глобального позиционирования ГНСС существенно больше. Таким образом, сравнение полученных автором результатов с наблюдениями на этих станциях способно усилить доказательную базу в смысле соответствия разработанной теории данным наблюдений.
10. Из текста диссертации неясно, выполнялся ли анализ приливных рядов самим автором, либо его результаты заимствованы из других работ.
11. В таблице 3.1.3 представлены рассчитанные автором работы прогнозные значения амплитудных факторов и сдвигов фаз приливных волн. Из сравнения этих значений с данными табл. 3.1.2, в которой представлены соответствующие наблюдаемые значения, действительно видно хорошее совпадение теории с экспериментом. Так, рассчитанные значения фаз приливных волн отличаются от их наблюдаемых значений порой на сотые доли градуса. В то же время, как показано автором ранее, в разделе 1.3 (формула 1.3.15 на стр.53), теоретические сдвиги фаз определяются в работе только океаническим эффектом, и в них отсутствует вклад диссипации. Отсутствие какого-либо обсуждения этого вклада является заметным

недостатком работы, а сам этот момент, безусловно, требует дополнительного пояснения.

В **Заключении** резюмированы результаты всей работы и сформулированы основные ее выводы. Выводы сформулированы четко и ясно и соответствуют как тексту работы, так и основным защищаемым положениям.

Общие замечания по тексту и оформлению диссертационной работы отсутствуют.

Приведенные же частные замечания не носят принципиального характера и не влияют на положительную оценку работы в целом.

Заключение официального оппонента

Актуальность работы уже отмечалась. Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается тем, что они хорошо соответствуют данным наиболее высокоточных гравиметрических наблюдений, получены корректными математическими методами и в сопоставимых случаях подтверждаются сравнением с результатами, представленными в работах других авторов. Новым является отличный от работ других авторов метод решения задачи вычисления чисел Лява для эллипсоидальной вращающейся Земли, который приводит к несколько иным, чем в работах других авторов, средним значениям этих чисел, а также амплитудам и функциям их широтных зависимостей. Полученные автором численные результаты, а также разработанная им программа прогноза параметров земных приливов ATLANTIDA3.1_2014 будут полезны при обработке гравиметрических данных, а также наблюдений GPS, Глонасс и VLBI. Важную роль полученные результаты также могут играть при изучении наклонов и деформаций земной поверхности.

Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание диссертационной работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что диссертация соответствует критериям, установленным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 г. № 842) для ученой степени доктора наук, а ее автор Е. А. Спиридонов заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Я, Холшевников Константин Владиславович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент
Зав. Кафедрой небесной механики
Санкт-Петербургского Государственного Университета
(СПбГУ) (г. Санкт-Петербург), профессор,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор физико-математических наук

Константин Владиславович Холшевников

198504, г. Санкт-Петербург, Старый Петергоф,
Университетский пр., д.28
E_mail: kvk@astro.spbu.ru
Тел.: +7(812) 428-41-63
Факс: +7(812) 428-71-29

6 декабря 2018 года

Личную подпись К.В. Холшевникова удостоверяю:

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ МЗ

Н.И. [Signature] 06.12.2018



Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей