

## **Отзыв официального оппонента**

на диссертацию Спиридонова Евгения Александровича

«Новые методы моделирования земных приливов»

по специальности: 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков

полезных ископаемых

на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертационная работа Е.А. Спиридонова посвящена разработке современной теории земных приливов, учитывающей широкую группу факторов.

В работе получено обобщение теоретической задачи Михаила Сергеевича Молоденского, описывающей состояние упругой самогравитирующей сжимаемой сферы, на случай двухосной гидростатически равновесной вращающейся эллипсоидальной неупругой оболочки и разработан эффективный алгоритм ее интегрирования. Получены обычные и нагрузочные числа Лява, а также амплитудные дельта-факторы для вращающейся эллипсоидальной неупругой Земли. Выявлены зависимости амплитудных дельта-факторов и чисел Лява приливных волн от широты, и произведен расчет океанического гравиметрического эффекта. Большое внимание автор уделил сравнению полученных в работе результатов с данными наиболее высокоточных наблюдений, осуществленных на сети сверхпроводящих гравиметров Глобального геофизического проекта. Это сравнение позволяет сделать вывод о высокой степени совпадения полученных в работе результатов с самыми современными данными наблюдений.

Своевременность и актуальность решения поставленных в диссертационной работе задач не вызывает сомнения.

В связи с постоянным совершенствованием моделей океанических приливов, особый интерес представляет разработка диссертантом новой

комплексной методики расчета океанического гравиметрического эффекта. Эта методика подразумевает учет широкой группы факторов, таких как: диссипация, вращение, влияние относительных и кориолисовых ускорений при вычислении нагрузочных чисел Лява, а также применение разложения высоты прилива по сферическим функциям вплоть до 1120 порядка, т.е. отказа от методики расчета океанического эффекта, основанной на применении ближней зоны.

В совокупности с новой моделью, позволяющей рассчитывать значения чисел Лява и амплитудных дельта-факторов приливных волн для неупругой вращающейся эллипсоидальной Земли без океана, указанная методика расчета океанического эффекта дает возможность прогнозировать земно приливные эффекты на современном уровне точности.

Таким образом, проведенные в диссертационной работе результаты являются безусловно **актуальными, обладают научной и практической значимостью.**

**Целью** диссертационной работы является разработка новых методов моделирования земных приливов, соответствующих точности современных наблюдений. Цель и задачи исследования сформулированы четко и ясно. Перечень поставленных задач полностью соответствует цели работы.

На защиту автором выносятся три положения:

1. Решение новой теоретической задачи расчета чисел Лява и амплитудных дельта-факторов приливных волн для вращающейся эллипсоидальной неупругой Земли без океана с учетом их широтной зависимости.
2. Новая методика расчета океанического гравиметрического эффекта. Показано, что, с учетом точности современных гравиметрических наблюдений, при расчете океанического гравиметрического эффекта необходимо принимать во внимание более 10 дополнительных факторов. К ним относятся: выбор модели строения Земли и океанической приливной модели, учет диссипации, относительных и кориолисовых ускорений, эллиптичности Земли, сил инерции, а

также сил, определяемых членами разложения геопотенциала до первого порядка по сжатию, необходимость отказа от массовой коррекции и методики, основанной на применении ближней зоны и функций Грина, и, наконец, адекватный выбор шага интегрирования при вычислении нагрузочных чисел Лява высоких порядков.

3. Новые результаты моделирования земных приливов для вращающейся эллипсоидальной неупругой Земли, в смысле близости теории к наблюдениям, получены для модели строения Земли *IASP91* и одной из наиболее современных океанических приливных моделей *FES2012*. Амплитуды разностных (прогноз минус наблюдения) векторов на европейских *SG*-станциях сети *GGP* для волн *M2* и *O1* не превышают 0.05% от наблюдаемых амплитуд этих волн.

**Достоверность работы** опирается на тот факт, что основные результаты и выводы, полученные в диссертации, опубликованы в 24 печатных работах, в т.ч. одной монографии, из них **14** статей в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК РФ для публикации материалов докторских и кандидатских диссертаций. Также автору настоящей работы принадлежит патент на программу прогноза параметров земных приливов *ATLANTIDA3.1\_2014*.

**Личный вклад** автора в представленные в работе научные результаты сомнений не вызывает, так как содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад Е.А. Спиридонова в ранее опубликованные им работы. Автором лично предложены и разработаны все представленные в диссертации новые методы, алгоритмы и реализующее их программное обеспечение.

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

Структура работы четко выверена и отвечает поставленным в работе задачам.

**Во введении** сформулирована цель и показана актуальность работы. Перечислены основные решаемые задачи и защищаемые положения, а также уделено внимание обоснованию научной новизны и практической значимости полученных результатов. Большое внимание уделено обзору исследований других авторов.

Замечания к введению:

1. Второе защищаемое положение, касающееся разработки новой методики расчета океанического гравиметрического эффекта, сформулировано слишком громоздко. Перечисление всех факторов, влияющих на результаты расчета этого эффекта в формулировке защищаемого положения представляется излишним.
2. В «Кратком обзоре исследований в данной области» имеются ссылки на формулы, которые расположены ниже в основном тексте диссертационной работы. Этот раздел во введении излишен и перегружает работу.

**Первая глава** работы содержит теоретические основы расчета приливных чисел Лява, амплитуд и фаз приливных волн и океанического гравиметрического эффекта. Также приведена достаточно подробная информация о применяемых при расчетах исходных данных, таких как модели строения Земли и модели океанических приливов. Приведенные автором теоретические выкладки произведены последовательно и корректно.

Замечания к первой главе:

3. В формулу (1.1.1) на стр. 24 входит сжатие  $\varepsilon$ . Однако тот факт, что оно является функцией глубины отражено автором только на стр. 36.
4. В разделе 1.5 «Разложение котидальных карт по сферическим функциям, поправка за сохранение масс» приведены рекуррентные формулы для интегралов от полиномов и присоединенных

полиномов Лежандра. Эти формулы приведены без какого-либо вывода, либо пояснения того, как они получены.

5. Не совсем понятен смысл раздела 1.6 «Подход, основанный на применении функций Грина. Зачем обсуждать подход, который автором работы не применяется?»
6. В разделе 1.7.2 «Океанические приливные модели» обсуждаются основные характеристики моделей океанических приливов, начиная с самых древних из них. Некоторые названия моделей далее по тексту работы не встречаются. Тогда зачем автор их обсуждает. В тоже время, в работу не включена одна из наиболее современных и высокоточных моделей океанических приливов *FES2014*.

**Во второй главе** приведены основные численные результаты работы, а также показаны отличия полученных результатов от наиболее известных результатов работ других авторов. В частности, это касается широтных зависимостей чисел Лява и амплитудных дельта-факторов, нагрузочных чисел Лява, амплитуд и фаз океанического гравиметрического эффекта.

Замечания ко второй главе:

7. На подписях к рисункам, представленным в разделе 2.2 «Общая характеристика распределения океанического гравиметрического эффекта по земному шару», фигурирует ныне устаревшая океанических приливов *CSR3.0* (1996). Почему не *FES2012*, для которой автором были получены основные результаты?
8. В разделе 2.4 «Сравнение расчета океанического эффекта с результатами программы *LOAD89* из пакета *ETERNA3.3*» не совсем понятна цель подобного сравнения, поскольку программа *LOAD89* является явно устаревшей.

**В третьей главе** проведено подробное сравнение результатов прогноза параметров земных приливов, получаемых при помощи разработанной автором настоящей работы программы *ATLANTIDA3.1\_2014*, с данными наблюдений,

произведенных на гравиметрических инструментах, принадлежащих сети сверхпроводящих гравиметров Глобального геодинамического проекта (*GGP*).

Замечания к третьей главе:

9. В тексте главы, в частности в подписи к рис. 3.7.1, в качестве единицы измерения ускорения применен внесистемная единица микрогалл вместо, например,  $\text{нм}/\text{с}^2$ , что соответствует системе единиц СИ.

В заключении приведены основные результаты и выводы диссертационной работы.

**Основные выводы работы** соответствуют защищаемым положениям. Каждый из представленных в диссертационной работе результатов проверен и подтвержден автором на экспериментальном материале. Научные положения, выносимые на защиту обоснованы.

Диссертационная работа написана ясным и строгим языком. Текст работы и объем иллюстрирующего материала позволяет с нужной степенью подробности ознакомиться с содержанием проведенных исследований.

Общие замечания:

10. Отсутствует единообразие в оформлении рисунков и таблиц.
11. Написание отдельных названий и терминов дано на английском языке.
12. Большинство чисел записано через точку, а не через запятую.

Сделанные замечания не затрагивают основных положений диссертационной работы и не снижают ее научной ценности.

**Заключение официального оппонента**

Глубина и тщательность проработки материала, богатый иллюстрационный материал, убедительность изложения позволяют положительно оценить результаты диссертационного исследования. Диссертационная работа Евгения Александровича Спиридонова «Новые методы моделирования земных приливов» является законченным научным

исследованием по актуальной тематике, результаты которого прошли широкую апробацию и, несомненно, будут использованы научным сообществом.

Предложенные автором теоретические и методические разработки отличаются новизной и имеют большую практическую значимость. Они должны применяться при проведении как относительных, так и абсолютных гравиметрических съемок, а также обработки данных спутниковой альтиметрии и систем позиционирования.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на многочисленных российских и международных научных конференциях, а также были опубликованы в 14 статьях в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК РФ для публикации материалов докторских и кандидатских диссертаций. Помимо этого, автором получен патент на прикладную программу прогноза параметров земных приливов *ATLANTIDA3.1\_2014*.

Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание диссертационной работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК, стиль и порядок изложения способствует пониманию содержания работы.

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.

Я, Лебедев Сергей Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

Ведущий научный сотрудник лаборатории геоинформатики и

Геомагнитных исследований  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Геофизический Центр Российской академии наук,  
Доктор физико-математических наук

Лебедев Сергей Анатольевич

119296, г. Москва, ул. Молодежная, д.3

Email: [s.lebedev@gcras.ru](mailto:s.lebedev@gcras.ru)

Тел.: +7(495) 930-05-46

Факс: +7(495) 930-05-06

6 декабря 2018 года

Личную подпись С.А. Лебедева удостоверяю:

Главный специалист по кадрам  
ФГБУН Геофизический Центр РАН



Дасаева Вера Петровна