

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Конешова В.Н.  
о диссертации В.С. Вязьмина

«Локальное определение аномалии силы тяжести по данным  
аэрогравиметрии с использованием сферического вейвлет-разложения»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика

Диссертационная работа В.С. Вязьмина посвящена решению задачи локального определения гравитационного поля Земли по результатам аэрогравиметрических измерений. Особенностью предложенной в работе методики решения является применение метода сферического вейвлет-разложения для решения задач аппроксимации гравитационного поля, полученного на высоте съемки, и его трансформации (вычисление уклонений отвесной линии, пересчет в нижнее полупространство). Как известно, для трансформации гравитационного поля, полученного из аэрогравиметрических данных, нужно учитывать влияние поля в дальних зонах, для чего обычно используют данные разных глобальных моделей гравитационного поля Земли. Разработанная в диссертации методика решения предусматривает совместную обработку аэрогравиметрических данных с данными современных глобальных моделей высокого пространственного разрешения, таких как EGM2008.

В настоящее время аэрогравиметрия является одним из базовых методов гравиметрической съемки. Карты гравитационного поля и его трансформант, построенные по результатам съемок, применяются в геодезии, геологии и решении ряда прикладных задач в интересах Министерства обороны РФ. Разработанная в диссертации методика определения гравитационного поля по аэрогравиметрическим данным опирается на новые, нестандартные математические методы, отличающиеся от методов, которые можно считать «классическими», в связи с чем, несомненно, эта методика представляет интерес для специалистов, занимающихся вопросами измерения геофизических полей.

В связи с названными положениями диссертационная работа В.С. Вязьмина весьма актуальна.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во введении обсуждается цель диссертационной работы, приводится ее структура.

В первой главе автором формулируется решаемая в диссертации задача локального определения гравитационного поля по аэрогравиметрическим данным, проведен обзор известных методов аппроксимации потенциальных полей на сфере, адекватно обоснован выбор метода сферического вейвлет-

разложения. Выбранные вейвлеты локализованы на сфере, имеют гармоническое продолжение во внешнее пространство, задаются элементарной функцией, обеспечивают возможность многомасштабного представления гравитационного потенциала и его функционалов. Последнее обстоятельство важно для эффективного комбинирования данных аэрогравиметрии и глобальных моделей на общих уровнях многомасштабного анализа, а также позволяет сделать относительно простым вычисление трансформант поля.

Вторая глава диссертации посвящена изложению метода сферического вейвлет-представления данных и его адаптации к обработке аэрогравиметрических измерений.

В третьей главе излагается разработанная методика локального определения гравитационного поля. Методика включает этап оптимального оценивания скейлинг- и вейвлет-коэффициентов разложения силы тяжести по данным аэрогравиметрии и этап комбинирования полученных оценок с вейвлет-коэффициентами разложения силы тяжести, вычисленными по данным глобальной модели гравитационного поля. Для решения задачи первого этапа в работе предложена интересная реализация рекурсивного метода наименьших квадратов в информационной форме, в которой вектор неизвестных автоматически расширяется на каждом шаге рекурсии. В такой реализации особенно удобна обработка аэрогравиметрических данных нескольких съемок в исследуемом районе. На этапе комбинирования найденные оценки вейвлет-коэффициентов данных аэрогравиметрии уточняются по вейвлет-коэффициентам глобальной модели на общих уровнях детализации, для чего применяется ковариационная форма метода наименьших квадратов. В завершение третьей главы в рамках минимаксного подхода поставлен и исследован вопрос о целесообразности комбинирования данных аэрогравиметрии с данными глобальной модели в зависимости от качества доступной статистической информации об ошибках измерений в тех и других данных.

В четвертой главе приведены результаты обработки модельных и реальных данных, показавшие корректность разработанной в диссертации методики, в том числе при обработке данных съемок, проводимых на разных высотах.

На мой взгляд, в представленной диссертации автором получены следующие основные результаты.

1. Разработана новая методика решения задачи локального определения гравитационного поля по аэрогравиметрическим данным. Методика решения основана на применении метода сферического вейвлет-разложения и позволяет оптимально комбинировать данные аэрогравиметрии и глобальных моделей гравитационного поля Земли. Разработанная методика может быть

применена для обработки аэрогравиметрических данных нескольких съемок.

2. Разработанная методика опробована на модельных и реальных данных. Результаты проверки показывают эффективность алгоритмов методики, в том числе при обработке съемок, проводимых на разных высотах.

3. На основе метода минимаксного оценивания получены интересные соотношения для ошибок данных аэрогравиметрии и глобальной модели, при выполнении которых комбинирование данных проводить не следует.

Существенных недостатков диссертационная работа не содержит. Имеются следующие замечания:

1. Хотя в диссертации подчеркивается адекватность методики задачам трансформации гравитационного поля, соответствующие расчеты в работе не приводятся.

2. Отсутствуют результаты сравнения разработанной методики решения задачи локального определения гравитационного поля по данным аэрогравиметрии с другими известными методами, решающими эту же задачу.

3. Желательно сделать более четким принцип выбора настроечных параметров при регуляризации информационной матрицы в рекурсивном методе наименьших квадратов, применяемом на первом этапе методики решения.

4. При проверке предлагаемой методики в четвертой главе диссертации автор рассматривал направление профилей север-юг, но не использовал редкую сеть секущих профилей запад-восток. Целесообразно в будущем использовать всю имеющуюся информацию данных аэрогравиметрической съемки.

5. В основу алгоритмов методики решения положено предположение, что данные глобальной модели EGM-2008 соответствуют заявленной точности. Между тем, как показали результаты исследований Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта, есть регионы, где модель EGM-2008 недостоверна. Хотелось бы, чтобы автор исследовал эти вопросы.

### **Выводы**

Результаты диссертационной работы В.С. Вязьмина являются новыми, представляют интерес для специалистов, занимающихся вопросами измерения геофизических полей, и могут быть применены при решении задачи локального определения гравитационного поля по данным аэрогравиметрии. Полученные в диссертации результаты в рамках минимаксного метода при исследовании вопроса о необходимости комбинирования аэрогравиметрических данных с данными глобальной

модели, помимо рассмотренной задачи, могут применяться и в других приложениях. Достоверность разработанной методики показана обработкой реальных и модельных данных. Теоретические результаты, полученные в диссертации, сопровождаются подробными доказательствами.

Приведенные замечания не уменьшают научной ценности диссертации и носят характер пожеланий, актуальных для прикладного использования результатов работы.

Основные результаты диссертации опубликованы в трех статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Данные публикации достаточно полно отражают соответствующие разделы диссертационной работы. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Считаю, что диссертация В.С. Вязьмина удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика, а ее автор, Вадим Сергеевич Вязьмин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Конешов Вячеслав Николаевич,  
доктор технических наук, профессор,  
заместитель директора,  
заведующий отделением  
гравиинерциальных исследований  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки  
Института физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН



/Конешов В.Н./

«1» август 2014 г.

Адрес: Москва, ул. Б. Грузинская, 10, стр. 1.,  
комн. 408, тел.: 8 (499) 254-23-35.

Подпись заместителя директора  
ИФЗ РАН В.Н. Конешова подтверждаю,  
ученый секретарь ИФЗ РАН, к.ф.-м.н.



/Погорелов В.В./