

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Черноскутова Александра Игоревича
«Прямые и обратные задачи гравиметрии при построении трехмерных плотностных
моделей с учетом формы Земли», представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18:
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»**

Диссертация А.И.Черноскутова состоит из 4 глав, Введения, Заключение и одного приложения. Тематика работы представляется весьма актуальной ввиду того, что без развития теоретических исследований в области внутреннего строения Земли и планет невозможно построение никаких прогностических моделей, проблематичной становится геофизическая практика, возникают сложности при попытках определения глобальных тенденций в изменении климата Земли и т.д.

В первой главе диссертант описывает ряд методов интерпретации данных гравиразведки, в которых, как он полагает, сферичность Земли учитывается недостаточно полно. В связи с этим хотелось бы обратить внимание автора работы на метод, который был изобретен еще в 60-х годах прошлого века Дж.Бейкусом и Дж. Ф. Гильбертом, а затем развит и усовершенствован в работах В.П.Страхова и его коллег. Речь идет о методе интегральных представлений. В этом методе учет сферичности производится автоматически, если носители простого и двойного слоев, создающие эквивалентное внешнее гравитационное поле, располагаются на сферической поверхности. В работах Страхова В.Н. неоднократно подчеркивалось, что сферичностью Земли можно пренебречь, если размер исследуемого участка не превышает по площади 10 000 квадратных километров. Было бы интересно сравнить результаты, полученные А.И.Черноскутовым, с их аналогами при применении указанного метода. Необходимо также подчеркнуть, что метод линейных интегральных представлений не накладывает ограничений на плотность носителей в виде их периодичности и т.п. Сеть наблюдений предполагается нерегулярной.

Во второй главе диссертант строит трехмерную плотностную модель для эллиптической Земли и описывает метод многогранников для решения прямой задачи гравиметрии. Интеграл по исходной трехмерной области заменяется двумерным интегралом по ее границе, которая, в свою очередь, разбивается на треугольники таким образом, чтобы была достигнута необходимая точность. Возникает весьма сложная проблема выбора оптимальной в некотором смысле триангуляции двумерной поверхности. Мне представляется важным сравнение описанного автором подхода к разбиению поверхности на многоугольники с так называемыми укладками Делоне: при решении прямой задачи гравиметрии и при вычислении поправок за рельеф необходимо наиболее полно учитывать априорную информацию о поле, т.е. сеть наблюдений должна быть явным образом «включена» в процессе вычислений.

Далее, Черноскутов А.И. приводит результаты работы созданного им алгоритма преобразования плоской модели в сферическую на практическом примере построения плотностной модели Уральского региона. Рис. 2.3, призванный иллюстрировать этапы работы программного обеспечения, следовало бы переделать (на темном фоне ничего не видно).

В третьей главе диссертант исследует зависимость поправки «за сферичность» от выбранной плотностной модели (постоянной или сингулярной) и масштаба съемки. Для

типовых двумерных плотностных моделей решение прямой задачи гравиметрии может быть получено в аналитическом виде. Еще раз хочется отметить, что в методе линейных интегральных представлений пространственное распределение элементов аномального гравитационного поля также может быть получено с помощью явных и весьма простых выражений как в локальном варианте (плоская Земля), так и в региональном (сферическая Земля) в случае, если плотность источников постоянна. При этом никакого интегрирования осуществлять не нужно. Поэтому мне кажется целесообразным сравнение предлагаемых автором диссертации методик оценки погрешностей «за сферичность» Земли с инструментарием, описанным в работах других авторов.

В третьей главе Чернокутов А.И. описывает многочисленные примеры влияния сферичности Земли на градиент аномального гравитационного потенциала в случаях профильной и площадной съемки. Автор анализирует полученные результаты расчета гравитационного поля и делает вывод, что для средних и малых участков съемки сферичностью нашей планеты можно пренебречь, если речь не идет о данных с высоким разрешением. Было бы полезно выполнить расчеты для разноточных данных и оценить эффективность предлагаемой автором методики решения прямой задачи гравиметрии с учетом и без учета сферичности. Кроме того, аномалиеобразующие объекты диссертанту следовало бы смоделировать самостоятельно. В настоящее время наиболее приближенными к геофизической реальности являются трехмерные модели источников поля и трехмерные же распределения различных элементов аномального гравитационного поля. Профильная съемка выполняется до сих пор в случае невозможности или чрезмерной дороговизны площадной. Однако, всегда необходимо помнить, что «степень некорректности» обратной задачи гравиразведки при профильной съемки намного выше, нежели при площадной: данные о поле содержат случайную помеху, не являющуюся гармонической функцией, аналитически продолжить поле как вверх, так и вниз зачастую не удастся, и поэтому интерпретировать результаты профильной съемки можно только «с большой натяжкой». Результаты такой интерпретации будут недостоверными. В целом, можно констатировать, что диссертантом был выполнен большой объем вычислительных работ, сделаны правильные выводы о зависимости поправки за сферичность от масштаба модели.

В четвертой главе автор переходит к рассмотрению обратных задач гравиметрии. В качестве нулевого приближения к решению обратной задачи гравиметрии предлагается использовать плотностную модель для плоской Земли ввиду того, что поправка за сферичность, как это было показано в предыдущих главах диссертации, является малой для целого ряда случаев. Из текста на стр. 64 (4-ая глава диссертации), не ясно, что за условие «соответствия полю» ставится для плотности, являющейся приближенным решением линейной обратной задачи. «Минимальное отклонение в каждой точке сети наблюдений» – это аналог минимума в равномерной норме или автор подразумевает что-то иное? Данный тезис требует конкретизации. Также необходимо отметить, что «минимизировать по двум функционалам» нельзя. Видимо, автор имеет в виду минимизацию двух не зависящих друг от друга функционалов. Термин «плохая производная функционала» нуждается в объяснении. Автор вводит весьма оригинальный целевой функционал, который позволяет существенно упростить процесс нахождения решения обратной задачи. При этом сохраняется баланс между минимальной нормой невязки и числом требуемых для достижения заданной точности итераций.

Считаю, что диссертация А.И.Чернокутова соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ.

Разработанное Черноскутовым А.И. программное обеспечение может, на мой взгляд, с успехом применяться при нахождении приближенных решений обратных задач гравиметрии как в локальном варианте, так и при создании региональных моделей.

В целом, работа Черноскутова А.И. производит впечатление законченного научного исследования, новизна полученных диссертантом результатов сомнений не вызывает. Автор применяет в своих изысканиях научно обоснованный подход. Практическая значимость диссертации становится очевидной при анализе результатов решения обратной линейной задачи гравиметрии для Тимано-Печорской плиты (автор нашел трехмерное распределение аномальных гравитирующих масс и сравнил погрешности в значениях гравитационного поля для плоской и сферической моделей). Диссертация соответствует специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Автореферат соответствует тексту диссертации. Результаты диссертационной работы могут применяться при решении прямых и обратных задач гравиметрии, особенно в тех случаях, когда требуется учет сферичности Земли.

Несмотря на указанные в отзыве замечания, считаю, что работа Черноскутова А.И. отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник Лаборатории происхождения, внутреннего строения и динамики Земли и планет (102) ИФЗ РАН

д. ф.-м. н., профессор РАН



Степанова Инна Эдуардовна

e-mail: tet@ifz.ru, моб. тел.: +7(916)902-4



Место работы:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук
(сокращенные названия: Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН ; ИФЗ РАН)

Адрес: Москва, Россия, 123242, ул.Б.Грузинская, д.10. строение 1

Подпись И.Э. Степановой заверяю

 Ученый секретарь ИФЗ РАН

Миходев Д.В.

