

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Цидаева Александра Григорьевича

«Прямые и обратные задачи гравиметрии при построении плотностных структур в земной коре», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация Цидаева А.Г. посвящена актуальной проблеме определения плотностных неоднородностей в земной коре по гравиметрическим и сейсмическим данным. Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения и списка литературы. **Во Введении** автор приводит исторический обзор работ, посвященных решению структурных обратных задач гравиметрии в двумерном случае. Особый акцент делается на исследования, в которых описываются способы определения границы, разделяющей две среды, характеризующиеся различными значениями постоянной плотности гравитирующих масс. В трехмерном случае такие постановки называются задачами о нахождении контактной поверхности. Автор обосновывает необходимость применения метода локальных поправок при определении границы раздела двух сред, а также подробно останавливается на выборе типа взаимосвязи изостазии с гравитационным полем и тектоническими структурами. Считаю, что автор эффективно применил научно-обоснованный подход Пратта-Хейфорда при построении плотностных моделей земной коры.

В первой главе описывается метод локальных поправок и его роль при решении нелинейных обратных задач гравиметрии, а также вводится понятие структурного интеграла. В качестве замечания хотелось бы отметить следующее. Диссертант не определяет классы, которым должны принадлежать функции, задающие верхнюю и нижнюю границы слоя. Важно проанализировать, как гладкость указанных функций влияет на сложность постановки обратной задачи и на относительную точность ее решения. Также необходимо указать, каким образом менялся параметр регуляризации при применении обобщенного метода локальных поправок на модельных примерах. Мне представляется целесообразным применение метода обобщенной невязки при решении подобного рода задач. Отдельно хочу остановиться на модельном примере №7. Автор восстанавливает двумерную границу трехмерного носителя масс по профильным данным сейсмического зондирования. Такая нелинейная обратная задача требует особо тщательного выбора регуляризирующего алгоритма, поскольку, как хорошо известно, не имеет единственного решения в классе непрерывных (и даже достаточно гладких, но определенных на плоскости, т.е. на континууме) функций. Что будет, если число профилей в модельном примере №7 возрастет до 10-15? Будет ли наблюдаться некий тренд в графике зависимости невязки между заданной границей и восстановленной? Профили изображаются у автора сплошными линиями, но измерения на них выполняются с некоторым шагом, и точность решения обратной задачи должна быть согласована с шагом измерений на сейсмическом профиле, равно как и с расстояниями между двумя наименее и наиболее удаленными профилями.

Во второй главе диссертант описывает разработанные им алгоритмы одновременной интерпретации гравитационных и сейсмических данных, а также данных об аномалиях литостатического давления в земной коре. Автор опирается на модели кусочно-линейных зависимостей между скоростью сейсмических волн и плотностью породы в земной коре, что представляется мне вполне разумным в условиях недостаточно полной информации о геологической среде.

Автору удалось добиться хорошей корреляции контуров введенных им мантийных блоков контуров с граничными скоростями головных волн по кровле мантии. Разработанные диссертантом методы двумерного гравитационного моделирования позволяют учитывать основные структурные элементы сейсмических профилей, что, на мой взгляд, является критически важным при решении любых задач интерпретационного характера. Априорная информация об исследуемом объекте как бы «снимает» (хотя и частично) проблему неоднозначности решения. Верно и другое: если даже какой-то алгоритм приводит к единственному решению обратной задачи, но оно не согласуется с априорной информацией, то такой алгоритм назвать эффективным нельзя. К несомненным достоинствам работы Цидаева А.Г. нужно отнести как раз высокую степень корреляции построенных им решений нелинейных обратных задач гравиметрии и имеющихся данных о строении земной коры в изучаемых регионах.

Автором было выполнено картирование глубинных тектонических структур по данным об аномалиях литостатического давления с использованием оригинальной методики анализа интегральной характеристики трехмерной плотностной модели. В качестве небольшого замечания хочу порекомендовать диссертанту в дальнейшем указывать границы применимости методики и условия достижения наибольшей относительной точности при проведении картирования.

В третьей главе Цидаев А.Г. приводит примеры апробации предложенных им методов и алгоритмов при решении обратных задач по реальным геофизическим данным, полученным в северо-западной части Урала и Западной Сибири. Я считаю, что представленные в этой главе результаты моделирования подошвы кристаллической коры Мохо свидетельствуют о теоретической и практической ценности работы Цидаева А.Г. Хотелось бы порекомендовать диссертанту приводить на рисунках теоретические и восстановленные модели границы кора-мантия вместе с картами изолиний невязки. Об уровне невязки в каждом конкретном случае также нужно информировать читателя. В таком случае эффективность методики станет более очевидной. Трехмерные плотностные модели литосферы, построенные Цидаевым А.Г., имеют большое значение как для геофизиков-практиков, так и для исследователей, специализирующихся в области теоретической геофизики, геоинформатики, сейсмологии и т.д.

В четвертой главе Цидаев А.Г. представляет комплекс программ, с помощью которых решались прямые и обратные задачи гравиметрии в рамках созданной им методики. Все программы описаны автором достаточно подробно. Хотелось бы порекомендовать автору более тщательно

проанализировать зависимость скорости решения обратных задач гравиметрии и точности приближенных решений от числа процессоров при расчетах на суперкомпьютерах. Как известно, при числе процессоров, превышающем 1000, вычисление значений некоторых функций от исходных данных становится проблематичным (например, расчет скалярных произведений векторов – а таких операций при решении обратных задач градиентными методами может быть много).

В Заключении автор подводит итоги выполненного исследования, а также акцентирует внимание на перспективах развития предложенной им методики решения прямых и обратных задач гравиметрии при построении плотностных разрезов геологической среды.

В целом необходимо отметить высокий уровень, научную обоснованность, теоретическую значимость и практическую ценность представленной диссертации. Считаю, что диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней Уральского федерального университета, соответствует паспорту специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки). Несмотря на замечания, приведенные мной в тексте отзыва, Цидаев А.Г., безусловно, достоин присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности. Автореферат полностью соответствует диссертации.

Официальный оппонент:

Степанова Инна Эдуардовна,
доктор физико-математических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика,
геофизические методы поисков полезных ископаемых, профессор РАН,
главный научный сотрудник лаборатории происхождения, внутреннего строения и динамики Земли и планет,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук,
Адрес: 123242, г. Москва, Б. Грузинская ул., д. 10, стр. 1.
Тел: +7 (499) 766-26-56
Email: tet@ifz.ru

Дата « 30 » август 2024 г.

И / Степанова И.Э. /

