

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Молодцова Дмитрия Михайловича «Совместная инверсия сейсмических, магнитотеллурических и гравиметрических данных с использованием структурных ограничений», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

В последнее десятилетие во всем мире наблюдается интерес к использованию электромагнитных методов для поиска месторождений нефти и газа. Непременным условием при этом является комплексирование с традиционно применяемой для этих задач сейсморазведкой. Помимо разведочной геофизики, совместный анализ сейсмических, электромагнитных и гравиметрических данных имеет большое значение для изучения глубинного строения Земли в региональном и глобальном масштабе. Таким образом, **актуальность исследований** не вызывает сомнений.

Во **введении** диссертации автором сформулированы цель и задачи, научная новизна, научная и практическая значимость исследований.

Первая глава содержит подробный обзор литературы по петрофизическим основам и современным методам комплексирования сейсмических и электромагнитных данных, в заключении автор делает вывод о перспективности комплексирования с помощью совместной инверсии со структурными ограничениями.

Во **второй главе** диссертации достаточно подробно описаны физические основы и численные методы решения прямых задач магнитотеллурики и сейсмической томографии. Обоснован и сформулирован алгоритм решения совместной обратной задачи методом Гаусса–Ньютона, а также алгоритм, основанный на методе последовательного квадратичного программирования. Детально проанализированы вводимые автором новые структурные ограничения. Стоит отметить, что возможность использования независимых сеток магнитотеллурической и сейсмической задачи крайне важна для работы с реальными данными.

В экспериментальной части главы рассмотрено два численных примера, основанных на реалистичных региональных моделях земной коры. Представленная в моделях соляная тектоника имеет несомненный практический интерес для нефтегазовой геологии и геофизики. С помощью совместной инверсии сейсмических и магнитотеллурических данных автору удалось повысить точность восстановления моделей скорости и удельного сопротивления по сравнению с независимой инверсией. Предложенные автором структурные ограничения, за счет использования дополнительной априорной информации о среде, позволили повысить точность решения по сравнению с известным ограничением кросс-градиента.

Также следует отметить результаты сейсмической томографии с фиксированной опорной моделью удельного сопротивления, более наглядно демонстрирующие возможности различных ограничений.

В **третьей главе** автором развивается общий подход к совместной инверсии данных произвольного числа геофизических методов. Структурные ограничения сводятся к регуляризации на основе совместной разреженности моделей, что упрощает целевую функцию и повышает эффективность и устойчивость алгоритма совместной инверсии.

Автор обобщает известный функционал совместной полной вариации, вводя тензорные весовые функции и рассматривая произвольное число моделей. Для минимизации целевой функции предлагается использовать метод Гаусса–Ньютона с эффективной аппроксимацией матрицы Гессе совместной полной вариации.

Предлагается новый регуляризирующий функционал – функционал с совместным минимальным носителем, показано, что он обладает свойствами известного функционала с минимальным носителем и совместной полной вариации. Для возможности восстановления гладких моделей предлагается модифицировать рассмотренные функционалы путем использования вместо оператора градиента дискретных вейвлет-преобразований.

Продемонстрировано, что алгоритм инверсии, описанный применительно к совместной полной вариации, после незначительной модификации может использоваться с новыми функционалами.

Разработанный подход применен к МТЗ, сейсмической томографии и гравиметрии в двумерном варианте. Приводятся необходимые сведения из теории гравиметрии. Рассматривается численный пример, актуальный в свете исследований арктического шельфа, – модель основана на геологии Северо-Карского осадочного бассейна. Результаты численных экспериментов демонстрируют эффективность предложенного алгоритма инверсии с использованием совместной полной вариации с тензорными весами и функционала с совместным минимальным носителем градиента.

Замечания по тексту диссертации:

- В третьей главе, определяя тензорные весовые функции для функционала совместной полной вариации, автор рассматривает только случай с диагональной матрицей. Представляется целесообразным рассмотреть более общий случай, что позволило бы полнее учитывать априорную информацию о структуре среды.
- В изложении численных примеров не хватает диаграмм с поточечным сравнением «наблюденных» и вычисленных данных, вместо этого приводятся лишь средние значения невязки.
- Для более наглядной демонстрации точности алгоритмов инверсии, следовало бы включить несколько численных примеров по восстановлению моделей простой геометрической формы.

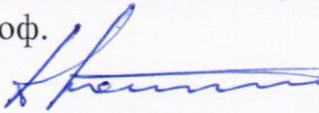
Отмеченные замечания не снижают научной значимости работы. Диссертация Д.М. Молодцова выполнена на актуальную тему, представляющую практический интерес для разведочной геофизики. Изложенные в диссертации результаты обладают научной новизной и соответствуют поставленным **целям и задачам**, автореферат соответствует содержанию диссертации, а тема диссертации – заявленной специальности.

Защищаемые положения и выводы диссертации достаточно хорошо обоснованы, а достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. По теме диссертации автором опубликовано 10 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК.


Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) для учёной степени кандидата наук, а её автор Молодцов Дмитрий Михайлович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

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

Официальный оппонент
директор Санкт-Петербургского филиала
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн
им. Н. В. Пушкова Российской академии наук,
доктор физ.-мат. наук, проф.

 Юрий Анатольевич Копытенко
04 октября 2017 г.

Подпись д.ф.-м.н., проф. Ю.А. Копытенко удостоверяю.

Земной секретарь СОБРАЗИМРАН 
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 5 лит. «Б»
Тел.: +7(812)323-78-45
E-mail: office@izmiran.spb.ru

