

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**  
**на диссертационную работу Мурзиной Екатерины Викторовны «ОЦЕНКА**  
**КАЧЕСТВА ИНВЕРСИИ КРИВЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ**  
**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ**  
**НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ», представленной на соискание ученой**  
**степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности**  
**25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых**

Диссертационная работа Е.В. Мурзиной посвящена разработке методики инверсии площадных данных импульсных индукционных зондирований и количественным оценкам её качества. Работа содержит 113 страниц текста, 52 рисунка, 8 таблиц, библиография включает 163 источника. Актуальность темы заключается в разработке подходов, направленных на автоматизацию решений обратных задач для большого объёма данных, обусловленного использованием плотных сетей электромагнитных зондирований.

Кроме этого, актуальной является интегральная оценка результата инверсии массовых, высокоплотных электромагнитных зондирований при решении нефтегазопроисковых задач для повышения надежности прогноза. Качество инверсии определяется посредством ошибки подбора – достигаемого в ходе инверсии расхождения практической и теоретической кривых ЗСБ, или невязки [Матвеев, 1990; Oldenburg, 2005; Могилатов, 2002, 2007; Жданов, 2017]. При переходе к детальным моделям сред сложность решения обратной задачи связана с большей размерностью пространства параметров. Для снижения эквивалентности необходима априорная информация. Автором предложены и опробованы подходы к инверсии данных ЗСБ 3D и оценке результата решения обратной задачи на большом количестве практического материала (более 10 000 точек зондирований). Е.В. Мурзина рассматривает два разрабатываемых месторождения, расположенных на юге Непско-Ботубинской антеклизы (НБА), на примере которых и была показана эффективность представленных методик интерпретации.

**Целью исследования** Е.В. Мурзина обозначила повышение надежности определения геоэлектрических параметров моделей, получаемых по данным ЗСБ, при решении нефтегазопроисковых задач.

**Личный вклад автора** заключался в проведении большого числа вычислительных экспериментов, в формировании подходов и практических решений при интерпретации и оценке её результатов для больших наборов данных электромагнитных зондирований.

В работе показана необходимость учета соседних кривых ЗСБ при инверсии данных ЗСБ в рамках горизонтально-слоистой (1D) модели среды. Средствами математического моделирования проведена оценка возможностей 1D-инверсии при изучении квазигоризонтально-слоистых сред и обоснован принцип пространственного

накопления при инверсии данных ЗСБ. Оценена возможность 1D-инверсии данных ЗСБ при решении нефтегазопоисковых задач с применением регулярной сети наблюдений. Рассчитана форма фильтра, применение которого позволяет получать геоэлектрические модели, которые лучше согласуются с априорной геологической информацией.

Соискателем, с привлечением большого объема модельных расчетов, разработана методика оценки качества инверсии данных ЗСБ. В работе предложена новая схема обработки массовых данных ЗСБ, позволяющая из набора квазиодномерных моделей выбирать оптимальную. С помощью статистических алгоритмов инверсии обоснована процедура оценок результата решения обратной задачи для больших массивов данных ЗСБ и предложен подход определения ошибки УЭС целевых геоэлектрических горизонтов. Таким образом, не вызывает сомнений актуальность и научная новизна работы Е.В. Мурзиной, а её личный вклад является определяющим при решении поставленных задач.

**Практическая значимость** определяется тем, что предложенный Е.В. Мурзиной подход к интерпретации трёхмерных данных ЗСБ внедрен в производство и прошёл проверку на большом объеме полевого материала. Методика оценки результатов инверсии данных ЗСБ внедрена в производство и опробована на большом количестве зондирований, выполненных по плотной сети наблюдений. Применение методики повысило надежность определения геоэлектрических параметров.

Структура диссертационной работы состоит из введения, трех глав и заключения.

Во **введении** сформулированы актуальность тематики изученной автором, цель и задачи, научная новизна, практическая значимость работы, представлены основные положения, выносимые автором на защиту. Здесь же приведены информация о фактическом материале и личном вкладе автора, краткое упоминание методов исследований, сведения об апробации работы на мероприятиях различного уровня и имеющихся публикациях.

Первая глава посвящена инверсии данных электромагнитных зондирований. В **разделе 1.1** рассмотрены теоретические основы инверсии и предыстория развития подходов интерпретации и применения существующих алгоритмов на практических данных. В **разделе 1.2** в полном объёме изложены методики, задействованные при инверсии данных высокоплотных электромагнитных зондирований, предложенные Е.В. Мурзиной, а также предлагаемые подходы к интерпретации.

Вторая глава посвящена оценке качества инверсии данных электромагнитных зондирований. В **разделе 2.1** рассмотрены подходы к оценке качества инверсии электромагнитных зондирований, существующие и предлагаемые автором. В **разделе 2.2.**

предложен способ оценки погрешности определения УЭС слоя при помощи метода Монте-Карло.

**В главе 3** приведены оригинальные результаты применения предложенной методики на практических данных для двух крупных месторождений, расположенных на территории юга НБА.

В заключении сформулированы основные результаты проведённых исследований в виде защищаемых положений, которые в результате проведения исследований, описанных в диссертации, надёжно обоснованы и подтверждены на практических данных. В целом диссертация написана понятным языком, хорошо проиллюстрирована и представляет собой завершённое научное исследование.

В ходе анализа материалов, представленных в диссертационной работе, у оппонента возник ряд вопросов и замечаний:

Стр.5, последний абзац: аббревиатура НБА появляется впервые без расшифровки.

Стр. 33., абз. 3 – некорректная ссылка для формулы невязки: «(см. гл. 1 § 1.7)», видимо имеется в виду формула (1.3) из пункта 1.1.2? Далее в этом же абзаце сравниваются «ручная» и «поточечная» инверсии. «Ручная» и «поточечная» инверсии (в данном разделе работы 1.2.5) отличаются только способом задания стартовых моделей для одного из способов минимизации, а различие результатов инверсии определяется только эквивалентностью решений. Очевидно, возможны ситуации, когда каждый из этих способов может оказаться лучше и сравнивать их не так важно, т.к. данный выбор зависит от конкретной ситуации. Это находит подтверждение в результатах, приведенных далее, и иллюстрируется рис. 1.9.

Из дальнейшего изложения, следует, что поточечная инверсия выполняется с учётом априорной информации о структурных границах при формировании стартовой модели (исключении из числа подбираемых параметров) при решении обратной задачи. Выбор терминов «ручной» и «поточечный» не является удачным, т.к. это очевидно профессиональный жаргон.

Стр. 36, абз. 1. «Существенным отличием предлагаемого подхода является то, что инверсия для каждого изучаемого интервала глубин проводится с применением пространственного фильтра, **размерность** которого увеличивается с глубиной». Очевидно, речь идет о величине параметра (радиусе пространственного накопления), размере, а не размерности.

Стр. 38, Табл.1.2. Отсутствует расшифровка обозначений некоторых величин, содержащихся в таблице:  $X$  (км),  $X$  (м),  $d_p$ ,  $d_x$ .

Стр. 39-40. Выражения (1.7-1.9) содержат опечатки в индексах, неудачно выбрано обозначение для вектора параметров модели (вектор обозначен как  $\rho$  и сопротивления традиционно обозначены тем же символом). Также возникает путаница, т.к. в первом слагаемом минимизируемого функционала  $\rho$  это кажущееся сопротивление как решение прямой задачи, а во втором слагаемом (функционале-стабилизаторе)  $\rho$  это модельный параметр удельного сопротивления. Возможно, было бы лучше оставить эту часть текста как цитату из книги [Матвеев, 1990].

Стр. 41, абз. 3. Первое предложение абзаца выглядит незавершённым: «Проводящий слой IV восстанавливается достаточно устойчиво, в то время как горизонты, относящиеся к подсолевым отложениям и солевым отложениям».

Стр. 49., к формуле (2.7) присутствует одинаковое описание величин, входящих в выражение « $\rho_L$  – УЭС оцениваемого слоя» и « $\rho_i$  – УЭС оцениваемого слоя».

Стр. 50, выражение (2.8), пропущен индекс у координаты  $x$ , и тремя строками ниже упоминается радиус  $r$ , который в формуле (2.8) обозначен как  $R$ , или речь о каком-то другом радиусе?

Стр. 59., абз. 1 «ошибка определения УЭС слоя возрастает с увеличением размерности измеренной величины». Неудачное выражение, т.к. перепутаны понятия размера (как величины или амплитуды) и размерности (как изменение числа измерений пространства).

Стр. 69. Что такое «результативные выборки», как они получены?

В целом, текст диссертационной работы написан аккуратно, с соблюдением правил и норм русского языка. Хотелось бы отметить высокую квалификацию диссертанта, хорошее знание предметной области.

Диссертационная работа Е.В. Мурзиной является актуальной научной разработкой и по содержанию полностью соответствует шифру специальности. Научные положения и выводы обоснованы, подтверждены результатами полевых и аналитических исследований. Научная новизна работы, как и ее актуальность, не вызывает сомнений. Оппонент отмечает высокую степень завершенности представленных исследований.

Содержание диссертации полностью соответствует трем защищаемым положениям. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации.

Результаты, полученные в ходе работы над диссертацией, отражены в 18 публикациях, в том числе 5 из них – в изданиях из списка ВАК. Можно пожелать диссертанту продолжить публикацию результатов не только в отечественных, но и в

зарубежных журналах. Работа прошла апробацию на семинарах, совещаниях и конференциях в период с 2012 по 2021 гг.

Считаю, что диссертационная работа Е.В. Мурзиной «Оценка качества инверсии кривых нестационарных электромагнитных зондирований при решении нефтегазопроисловых задач» представляет собой законченное самостоятельное научное исследование, выполненное на актуальную тему оценки качества инверсии, обладает научной новизной и содержит в себе решение по оценке результата интерпретации. Диссертационная работа удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским работам, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Антонов Евгений Юрьевич

д.ф.-м.н. по специальности 25.00.10

«Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, главный научный сотрудник.

630090, Новосибирск, пр. Ак. Колтуяга, 3

antonovemf@yandex.ru, +7(383) 333-29-00,

«19» сентября 2022 г.

Антонов Е.Ю.

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

