

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д003.022.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЗЕМНОЙ КОРЫ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 5 октября 2022 г. № 19
о присуждении Мурзиной Екатерине Викторовне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Оценка качества инверсии кривых нестационарных электромагнитных зондирований при решении нефтегазопроисловых задач» по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых принята к защите 29.07.2022 г. (протокол № 2) диссертационным советом Д 003.022.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, приказ Минобрнауки России № 931/нк от 28.09.2017 г.

Соискатель Мурзина Екатерина Викторовна, 1986 г. рождения, в 2008 г. окончила ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» по специальности «Информационные системы и технологии». В 2016 – 2019 гг. обучалась в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ИрНИТУ) по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», по направлению подготовки 05.06.01 – Науки о Земле. Работает младшим научным сотрудником лаборатории комплексной геофизики ФГБУН Института земной коры СО РАН и начальником отдела моделирования и комплексного анализа геолого-геофизических данных ООО «СИГМА-ГЕО».

Диссертация выполнена в ФГБУН Институте земной коры СО РАН.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, профессор Поспеев Александр Валентинович, ведущий научный сотрудник лаборатории геологии нефти и газа ФГБУН Института земной коры СО РАН.

Официальные оппоненты:

1) Антонов Евгений Юрьевич – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск;

2) Хасанов Ибрагим Мубаракович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Магадан

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (г. Москва) в своем положительном отзыве, составленном доктором геол.- мин. наук,

профессором Куликовым Виктором Александровичем, указала, что новизна диссертации состоит в следующем:

– впервые предложен подход, позволяющий выполнять инверсию данных высокоплотных электромагнитных зондирований становлением поля с площадной увязкой результата и получать устойчивую модель геоэлектрическую модель среды; проведено трехмерное моделирование для обоснования предложенного подхода к интерпретации кривых ЗСБ, а также выполнено его тестирование, как на синтетических, так и на значительном объеме практических данных;

– соискателем разработаны подходы к оценке качества инверсии кривых ЗСБ; проведена унификация оценок результата решения обратной задачи с помощью статистических алгоритмов инверсии и предложен подход определения ошибки вычисления УЭС при инверсии данных ЗСБ.

Диссертация Мурзиной Екатерины Викторовны отвечает всем требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях списка ВАК опубликовано 5 работ, также 1 монография.

В опубликованных работах изложены основные положения диссертационной работы.

Наиболее значимые по теме диссертации работы:

1. Компаниец С.В., Кожевников Н.О., Мурзина Е.В., Емельянов В.С. Интерпретация данных зондирования методом становления поля в ближней зоне с учетом индукционно-вызванной поляризации при площадных нефтегазопроисловых исследованиях на юге Сибирской платформы // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2019. Т. 42. № 2. С. 151–165. <https://doi.org/10.21285/2541-9455-2019-42-2-151-164>.

2. Поспеев А.В., Мурзина Е.В., Компаниец С.В., Емельянов В.С. Возможности электромагнитных установок при изучении полей вызванной поляризации // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2018г. Т. 41. № 2. С. 80–90. <https://doi.org/10.21285/2541-9455-2018-41-2-80-90>.

3. Семинский И.К., Буддо И.В., Мурзина Е.В., Селяев В.А. Возможности электроразведки методом зондирования становлением поля в ближней зоне при решении нефтегазопроисловых задач на юге Сибирской платформы // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2019. № 3. С. 84–92. <https://doi.org/10.17308/geology.2019.3/1816>.

4. Мурзина Е.В., Поспеев А.В., Буддо И.В., Шарлов М.В., Семинский И.К., Мисюркеева Н.В. [и др.]. Возможности малоглубинных нестационарных электромагнитных зондирований для выделения газогидратных скоплений в криолитозоне северных регионов Западной Сибири // Криосфера Земли. 2022а. Т. 26. № 2. С. 51–62. <https://doi.org/10.15372/KZ20220204>.

5. Мурзина Е. В., Поспеев А. В., Семинский И. К., Буддо И. В., Немцева Д. Б., Емельянов В. С., Агафонов Ю. А. Особенности инверсии данных высокоплотных электромагнитных зондирований при нефтегазопроисловых исследованиях на территории Непско-Ботуобинской

антеклизы // Науки о Земле и недропользование. 2022б. Т. 45. № 2. С. 137–151. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-2-137-151>.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Кожевников Н.О., доктор геол.-мин. наук, главный научный сотрудник лаборатории геоэлектрики ФГБУН ИНГГ. 2. Персова М.Г., доктор технических наук НГТУ (г.Новосибирск). 3. Твердохлебов Д.Н., к.т.н., директор ООО «Ресерч-Энерджи» (г. Москва). 4. Мироманов А.В., к.г.-м.н., доцент кафедры прикладной геологии, геофизики и геоинформационных систем (г.Иркутск). 5. Компаниец С.В., главный геофизик АО «ИЭРП» (г. Иркутск). 6. Шейн А.Н., ведущий научный сотрудник сектора криосферы Государственное автономное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики». 7. Степанов Ю.И., к.г.-м.н. и Христенко Л.А., к.г.-м.н., научные сотрудники лаборатории наземной и подземной электротометрии, ФГБУН Горный институт Уральского отделения РАН ГИ УрО РАН (г. Екатеринбург). 8. Масляницкий Владимир, к.г.-м.н., Эксперт ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть». 9. Давыденко А.Ю., д.ф.-м.н., профессор кафедры динамической геологии Иркутского государственного университета (ИГУ), (г.Иркутск). 10. Колесников Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры геофизики Пемского Государственного национального исследовательского университета.

Все отзывы положительные.

В отзывах содержатся критические замечания:

1) Для обоснования предложенных подходов в работе использовались данные 3D-моделирования. Методически это правильно, однако, хотелось бы увидеть результаты такого обоснования с применением более сложных трехмерных моделей. 2) Отметим некоторую вольность в терминологии. Так в названии диссертации фигурирует «инверсия кривых нестационарных электромагнитных зондирований». Наверное корректно было бы говорить об инверсии данных ЗСБ а не кривых зондирований. В качестве примеров укажем размерность уравнения, токопроводящий слой, квазигаусова функция. Очевидно, формула (4) определяет не отклонение УЭС слоя от среднего по выборке, а отклонение логарифмов УЭС. 3) На с. 11 сказано, что инструментальная ошибка или случайная погрешность измерения определяются как расхождение кривых ЗСБ в поздней стадии становления в пределах установки. Что значит в пределах установки? И, главное: почему расхождение кривых ЗСБ в поздней стадии представляет инструментальную ошибку, а не является проявлением таких факторов как неоднородность, анизотропия, поляризуемость и магнитная вязкость геологической среды? 4) При прочтении отмечен ряд неточностей в изложении, например, автор упоминает 3D ЗСБ. При этом основным инструментом является одномерная инверсия, что может запутать читателя. Здесь будет уместно говорить о площадной съемке. 5) Интересно было бы понять возможность применения 1D в зависимости от степени сложности 3D объектами. 6) Интерес вызывает иллюстрация сравнения двух результатов инверсии на рис. 3. Чем обусловлено, что в первом случае мы видим много локальных высокоомных аномалий, во втором уровень УЭС значительно ниже. 7) Хотелось бы видеть в автореферате не только составную формулу комплексного коэффициента качества инверсии, но также обоснование входящих в нее параметров. 8) В автореферате не отражаются ресурсы (вычислительные, временные, человечески), необходимые для реализации описанных методик и алгоритмов. Очевидно, что соискатель пытался оптимизировать требуемые ресурсы. Насколько удалось справиться с задачей? 9) Хотелось бы понять, помогает ли разработанная

методика оптимизировать ряд априорной информации – структурный каркас среды по данным априорной информации. Проводились ли численные эксперименты, где отпускаясь границы на некоторых участках? 10) Рисунки расположены не совсем удачно. 11) При проведении дальнейших исследований оценки результата решения обратной задачи хотелось бы отметить необходимость применения методики в условиях терригенного разреза Сибирской платформы, при наличии факторов, осложняющих инверсию данных ЗСБ, таких как наличие приповерхностных слоев с низким сопротивлением и экранирующих аномалий в вечномерзлых породах. 12) Осложняющих инверсию поля ЗСБ, таких как наличие приповерхностных слоев с низким сопротивлением и экранирующих аномалий в вечномерзлых породах. Также отметим, что реализованный методический подход оценки ошибки определения удельного сопротивления методом Монте-Карло имеет некоторые недостатки, связанные с возможностью взаимной корреляций наблюдаемых данных, в связи с чем, ошибки определения УЭС не всегда могут быть связаны с качеством исходных данных, но и с влиянием объекта поиска. 13) Во втором абзаце «Введения» автореферата приведено некорректное суждение о роли регуляризации для решения обратных задач: использование «способов регуляризации ... путем привлечения априорной информации ... иногда бывает не применимо на практике.», а через две фразы обосновывается необходимость построения «...более унифицированных алгоритмов регуляризации, адаптированных под поставленные нефтегазопроисследовательские задачи». 14) Хотелось бы видеть в автореферате не только составную формулу комплексного коэффициента качества инверсии, но также обоснование входящих в нее параметров.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов в области геофизики, геоэлектрики и геофизических методов поисков полезных ископаемых.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

получены оценки ошибки определения УЭС методом Монте-Карло при инверсии данных ЗСБ;

выявлены закономерности взаимосвязи коэффициента вариации, получаемого при инверсии данных ЗСБ, и ошибки определения удельного электрического сопротивления;

предложен алгоритм оценки качества инверсии;

изучены возможности применения авторского подхода на двух месторождениях юга НБА.

Практическая и теоретическая значимость исследования обоснована следующим.

Разработанные алгоритмические и программные средства внедрены в производственный процесс ООО «СИГМА-ГЕО» и показали высокую эффективность при интерпретации массовых данных ЗСБ. Усовершенствование методики инверсии данных площадных ЗСБ в рамках квазигоризонтально-слоистых сред повысило достоверность результатов интерпретации материалов импульсной индуктивной электроразведки и позволило избежать ошибок геологической интерпретации.

Методика оценки результата инверсии данных ЗСБ обеспечила оперативный контроль качества получаемого результата инверсии. Применение методики повысило надежность определения геоэлектрических параметров при инверсии кривых ЗСБ.

Предложен подход расчета функционала оптимизации путем задания весовой функции в соответствии с эффективным радиусом токового кольца. Оценена возможность 1D-инверсии данных ЗСБ при решении нефтегазопроисковых задач при применении регулярной сети наблюдений. Рассчитан фильтр, описываемый гауссовой функцией, применение которого при инверсии позволяет дополнительно к имеющейся априорной информации получать устойчивую геоэлектрическую модель среды.

На основании полученных в результате синтетического моделирования зависимостей показана возможность применения метода Монте-Карло с элементами «имитации» отжига в качестве инструмента оценки ошибки определения УЭС при изучении коллекторских свойств перспективных горизонтов методом ЗСБ.

Предложенный подход оценки качества инверсии позволяет оперативно проводить контроль полученного результата решения обратной задачи. Определение латеральной выдержанности при инверсии кривых ЗСБ позволяет исключить возникновение ошибок интерпретации, связанных с качеством полевого материала.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

при проведении экспериментальных работ методы исследования состояли из математического 1D и 3D моделирования, различных методов интерпретации данных, основанных на применении стохастических алгоритмов оптимизации; выполнялся анализ предлагаемых алгоритмов путем количественного моделирования как на практических, так и на синтетических данных;

теоретические положения диссертационного исследования основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин – электроразведки и геоинформатики;

идея оценки ошибки определения УЭС базируется на построении корреляционных связей удельное электрическое сопротивление–коэффициент вариации;

идея оценки качества инверсии базируется на построении определении погрешности решения обратной задачи и определении критерия латеральной гладкости;

использованы данные, полученные соискателем за время работы в Институте земной коры СО РАН и ООО «СИГМА-ГЕО, включая обучение в очной аспирантуре;

установлено, что выводы диссертационного исследования согласуются с основным содержанием работы и современными идеями по исследуемой проблематике; исследование опирается на обширный массив материалов отечественной и зарубежной литературы;

использованы современные технологии при обработке данных 3D ЗСБ.

Личный вклад соискателя состоит в следующем.

– для имитации реальной модели среды при помощи 3D-алгоритмов были рассчитаны переходные характеристики; оценена возможность восстановления переходных характеристик, рассчитанных посредством 3D-моделирования, с помощью 1D-инверсии; на основании проведенного моделирования предложен подход расчета пространственной невязки; выполнена оценка применимости подхода пространственного накопления путем расчета пространственной невязки на большом объеме практических и синтетических данных;

– разработаны методические рекомендации для оценки ошибки определения УЭС в ходе инверсии методом Монте-Карло;

– разработана методика оценки качества инверсии данных ЗСБ; введено понятие «латеральной выдержанности» разреза, предложена численная мера ее оценки;

– проинтерпретированы данные ЗСБ, полученные ООО «СИГМА-ГЕО» до 2022 г. (более 10 000 ф.н.), и выполнена апробация методик на эталонных участках юга Сибирской платформы.

На заседании 5 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Мурзиной Екатерине Викторовне ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых 7 докторов наук из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета,
член-корреспондент РАН

Гладкочуб Д.П.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат физико-математических наук

Добрынина А.А.



5 октября 2022 г.