

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.087.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И
ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А. ТРОФИМУКА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 10.02.2022 № 03/02.

О присуждении Никитенко Марине Николаевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Оперативное моделирование и интерпретация в современных технологиях электромагнитного каротажа» по специальности 1.6.9 «Геофизика» принята к защите 21 октября 2021 г. (протокол заседания № 03/14) диссертационным советом 24.1.087.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 3), полномочия совета установлены приказом Минобрнауки России от 03.06.2021 № 561/нк.

Соискатель Никитенко Марина Николаевна, "16" августа 1962 года рождения, В 1985 году соискатель окончила механико-математический факультет Новосибирского государственного университета (в настоящее время – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет») с присвоением квалификации специалиста «Математика, прикладная математика».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Программно-алгоритмические средства инверсии и оптимального проектирования в индукционных зондированиях» по специальности 04.00.12 «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» (соответствует специальности 1.6.9 «Геофизика») защитила в диссертационном совете, созданном на базе Объединенного института геологии, геофизики и минералогии Сибирского отделения Российской академии наук 7 июня 1995 г., протокол № 06/4. Работает старшим научным сотрудником лаборатории многомасштабной геофизики в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской

Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории многомасштабной геофизики ФГБУН Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Дашевский Юлий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры геофизики геолого-геофизического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»;

Мартышко Петр Сергеевич, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией математической геофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геофизики им. Ю.П. Булашевича Уральского отделения Российской академии наук;

Персова Марина Геннадьевна, доктор технических наук, заведующая лабораторией моделирования и обработки данных наукоемких технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», профессор кафедры прикладной математики, - дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, в своем **положительном отзыве**, подписанном Шишлениным Максимом Александровичем, доктором физико-математических наук, заведующим лабораторией обратных задач естествознания, указала, что диссертация М.Н. Никитенко соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, это научно-квалификационная работа, в которой на основе численно-аналитических решений прямых задач, высокоточных и быстрых вычислительных алгоритмов и компьютерных программ для моделирования, инверсии и анализа разрешающей способности данных электромагнитных зондирований, научно обоснованы конфигурации новых зондирующих систем и эффективность применения используемых на практике каротажных методов, созданы новые способы интерпретации данных, что определяет значительный вклад в развитие аппарата моделирования и интерпретации данных электромагнитных зондирований и имеет важное практическое значение для оперативного решения задач промышленной геофизики.

Соискатель имеет 178 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 35 работ, из них **18 статей опубликованы в рецензируемых журналах**, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией («Геология и геофизика», «Каротажник», «Нефтяное хозяйство», «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири», «Вестник НГУ»), из которых 3 журнала входят в международные базы Web of Science, Scopus («Геология и геофизика», «Нефтяное хозяйство», «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири»), 9 работ опубликованы в сборниках научных трудов и материалах конференций. Результаты исследования также опубликованы в составе **5 российских и зарубежных патентов, 3 зарегистрированные программы для ЭВМ**. Соискатель принимала участие во всех этапах подготовки публикаций (решение прямых задач электродинамики, создание новых способов интерпретации данных электромагнитного каротажа, разработка программно-алгоритмического обеспечения, численное моделирование, инверсия и анализ разрешающей способности, анализ результатов, формирование выводов и рекомендаций, написание текста статей и подготовка графического материала). Общий объем публикаций составляет около 350 страниц, их авторский вклад – примерно 50 %. Сведения, представленные соискателем об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые публикации:

1. Эпов М.И. Сигналы электромагнитного каротажа в процессе бурения и их численная инверсия / М.И. Эпов, М.Н. Никитенко [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 3. – С. 49–55.
2. Эпов М.И. Математическое обоснование нового электромагнитного зонда с тороидальными катушками для высокоразрешающего каротажа нефтегазовых скважин / М.И. Эпов, М.Н. Никитенко, В.Н. Глинских // Вестник НГУ: Информационные технологии. – 2018. – Т. 16. – № 1. – С. 113–129.
3. Эпов М.И. Новый электромагнитный зонд для высокоразрешающего каротажа: от теоретического обоснования до скважинных испытаний / М.И. Эпов, ..., М.Н. Никитенко [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 11. – С. 23–27.
4. Nikitenko M. Fast electromagnetic modeling in cylindrically layered media excited by eccentric magnetic dipole / M. Nikitenko, G. Itskovich, A. Seryakov // Radio Science. – 2016. – Vol. 51. – Iss. 6. – P. 573–588.
5. Nikitenko M. Correcting shale volume and measuring anisotropy in invaded zone / M. Nikitenko, L. Tabarovsky // US Patent No. 10495780, publ. December 3, 2019.

На диссертацию и автореферат поступили 11 отзывов, все положительные, во

всех содержатся замечания или рекомендации, поднимаются дискуссионные вопросы: при описании инверсии данных упомянут только один алгоритм оптимизации, хотя существуют и другие, возможно более эффективные (д.ф.-м.н. Дашевский Ю.А., д.т.н. Персова М.Г., д.ф.-м.н. Шишленин М.А.), недостаточно подробно раскрыт алгоритм инверсии, критерии достоверности построенной модели (д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН Мартышко П.С.), не всегда указаны условия проведения инверсии, например точность экспериментальных данных, глубина исследования, влияющие на результат (д.ф.-м.н. Дашевский Ю.А., д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН Мартышко П.С.), в автореферате не приведены некоторые необходимые для понимания результаты моделирования и инверсии, не указан характерный порядок времени решения рассматриваемых задач, не приведена техническая характеристика скважинного зонда МПП и другие, что осложняет корректное восприятие и оценку полученных результатов (д.т.н. Табаровский Л.А., к.т.н. Потапов А.П., д.ф.-м.н. Акимова Е.Н., к.г.-м.н. Мамяшев В.Г.), можно было бы рассмотреть принятый в методах разведочной геофизики способ восстановления не зависящих от частоты параметров поляризации вместо частотнозависимых (д.т.н. Персова М.Г.); в вопросах моделирования данных не обсуждаются условия применения одномерных моделей и справедливость полученных выводов в более сложных средах (д.т.н. Персова М.Г.), некоторые вычислительные аспекты, такие как доказательство возможности изменения пути интегрирования, использование надлежащих квадратур, вычисление специальных функций в тексте отсутствуют, было бы целесообразно описать вычислительные алгоритмы для всех приведенных решений прямых задач (д.ф.-м.н. Шишленин М.А.); при обосновании конфигурации новых зондов было бы полезно сравнить эти инструменты с существующими зарубежными приборами (Ph.D. Рабинович М.Б.); новизна диссертации состоит не в самих решениях краевых задач электромагнетизма, а в умных алгоритмах реализации этих решений (д.ф.-м.н. Дашевский Ю.А.); замечания редакционного характера, например, следовало бы автореферат и диссертацию оформить по защищаемым научным результатам, а не по главам, неоправданное увеличение объема диссертации и другие (д.т.н. Костицын В.И., д.ф.-м.н. Дашевский Ю.А., д.т.н. Персова М.Г., д.ф.-м.н. Шишленин М.А.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим: Дашевский Юлий Александрович – доктор физико-математических наук по специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», профессор, является высококвалифицированным специалистом в области математического моделирования электромагнитных полей, решения практических обратных задач наземной и скважинной электротометрии, физико-

математического обоснования новых геофизических методов, выявления неиспользованных возможностей геоэлектрики и их практической реализации, что соответствует задачам диссертации Никитенко М.Н., имеет публикации, связанные с темой представленной к защите диссертации; Мартышко Петр Сергеевич, доктор физико-математических наук по специальности 04.00.12 «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», член-корреспондент РАН, является высококвалифицированным специалистом в области решения обратных задач и комплексирования электротометрии, гравиметрии, магнитометрии и термометрии, разработки теории и алгоритмов интерпретации данных электромагнитных геофизических методов для задач поиска нефтегазовых месторождений и изучения глубинного строения Земли, часть которой является объектом исследования в диссертации Никитенко М.Н., имеет публикации, связанные с темой представленной к защите диссертации; Персова Марина Геннадьевна, доктор технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», профессор, является высококвалифицированным специалистом в области вычислительной математики, математического моделирования электродинамических процессов и решения обратных задач скважинной, наземной и воздушной электроразведки, которая соответствует проблеме, решаемой в диссертации Никитенко М.Н., имеет публикации, связанные с темой представленной к защите диссертации. В состав ведущей организации ИВМиМГ СО РАН входят лаборатории обратных задач естествознания, вычислительных задач геофизики, геофизической информатики, где разрабатываются численные методы решения прямых и обратных задач математической физики и геофизики, научные работники имеют публикации в данной сфере научных исследований и способны оценить научную и практическую ценность результатов диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **разработан** программный комплекс оперативного численного моделирования, инверсии и анализа разрешающей способности электромагнитных и электрических методов каротажа на основе численно-аналитических решений прямых и обратных задач в рамках слоисто-неоднородных моделей для анализа измеряемых сигналов, определения геоэлектрических параметров и оценки погрешностей их определения; **обоснованы** конфигурации новых зондирующих систем и эффективность применения используемых на практике каротажных методов для оценки удельного электрического сопротивления и положения границ пласта-коллектора и изучения анизотропных и дисперсионных свойств

геологической среды; **предложены** способы определения углов наклона и азимута пластов, оперативной инверсии и сжатия данных метода переходных процессов в процессе бурения, **создан метод** определения удельного электрического сопротивления и коэффициента электрической анизотропии в зоне проникновения фильтрата бурового раствора в пласт и коррекции значения глинистости на основе комплексирования данных многочастотных, многозондовых и многокомпонентных измерений, электрического имиджера и гамма-каротажа.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **получены решения** прямых задач электродинамики для тороидального источника и смещенного с оси скважины магнитного диполя в слоистых средах, **изучены электромагнитные сигналы**, что позволило обосновать параметры новых зондирующих систем для определения электрической анизотропии и дисперсии комплексной электропроводности; **установлены возможности** современных каротажных комплексов при решении задач геонавигации, определении электрической анизотропии и диэлектрической проницаемости горных пород; **созданы новые способы** интерпретации данных каротажа методом переходных процессов (определение углов залегания пластов, быстрая инверсия и сжатие данных), **разработан метод** определения удельного электрического сопротивления и коэффициента электрической анизотропии в зоне проникновения фильтрата бурового раствора в пласт и коррекции значения глинистости.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **обоснование новых методов** исследования скважин (зондирование с использованием тороидальных катушек, диэлектрический каротаж в широком частотном диапазоне) является составной частью развития электромагнитных методов исследования скважин с целью определения электрической анизотропии горных пород, оценки коэффициента водонасыщения и удельного электрического сопротивления пластовой воды из частотного спектра комплексной проводимости; **создание аппарата оперативного моделирования и инверсии** данных в слоистых средах современных каротажных методов ВИКИЗ, ВЭМКЗ, БКЗ и ВИКПБ, реализованных в аппаратурно-программных комплексах СКЛ, серийно выпускаемых НПП ГА «Луч», способствует успешному использованию этих комплексов при исследованиях в наклонно-горизонтальных скважинах; программы моделирования сигналов индукционного каротажа и вычисления кажущегося удельного электрического сопротивления и относительной диэлектрической проницаемости **внедрены** в автоматизированные системы численной инверсии МФС ВИКИЗ и EMF Pro, разработанные в ИНГГ СО РАН, и

используются при интерпретации данных высокочастотного электромагнитного каротажа; программный блок оценки разрешающей способности системы наблюдений и вычисления погрешностей результатов инверсии **внедрен** в программный комплекс для интерпретации многокомпонентных данных каротажа в процессе бурения MCWD и производственную систему Reservoir Navigation Service, применяемую в компании Baker Hughes при проводке горизонтальных скважин; новые методы интерпретации данных каротажа методом переходных процессов и комплексирования данных различных каротажных методов представляют собой готовое программно-алгоритмическое обеспечение, которое может использоваться для обработки реальных данных и **позволяет получить дополнительную информацию** об окружающей скважину среде, в том числе для уточнения оценки флюидосодержания и проницаемости пласта-коллектора.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: теория построена на классических уравнениях электродинамики, использованы методы и приемы современной вычислительной и прикладной математики, установлено количественное совпадение авторских результатов с результатами, полученными при использовании аналитических, численно-аналитических решений, конечно-разностных и конечно-элементных аппроксимаций другими исследователями, использованы при апробации разработанных алгоритмов и программ практические данные электромагнитного каротажа, полученные с применением высокоточных сертифицированных аппаратурных комплексов, широко применяемых при изучении геологических разрезов нефтяных и газовых скважин Широкого Приобья Западной Сибири и зарубежных месторождений.

Личный вклад соискателя состоит в: решении прямых задач электродинамики для кругового магнитного тока и для смещенного с оси скважины магнитного диполя, разработке высокоэффективных алгоритмов численного моделирования сигналов каротажных зондов; создании программного комплекса оперативного моделирования, инверсии и анализа разрешающей способности каротажных данных; обосновании конфигурации новых зондов с тороидальными катушками и диэлектрического; обосновании эффективности применения каротажных комплексов ВЭМКЗ, БКЗ и ВИКПБ для определения геоэлектрических параметров среды; разработке способов определения углов наклона и азимута пластов, оперативной инверсии и сжатия данных для каротажа в процессе бурения методом переходных процессов; разработке метода и программного обеспечения для коррекции коэффициента глинистости и определения электросопротивления и анизотропии в прискважинной зоне; решающем участии в постановке задач, разработке

методических подходов к их решению, получении оригинальных результатов и их анализе, обсуждении и подготовке большей части публикаций по теме диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания членами совета. 1. Всегда ли бывает так, что увеличение глинистости ведет к уменьшению проницаемости? (Сибиряков Б.П.) 2. Обратная задача решается путем минимизации, какая при этом регуляризация используется? (Чеверда В.А.) 3. Что можно сказать о критериях для принятия решений для каротажа в процессе бурения? (Грузнов В.М.) 4. От напряженного состояния поля параметры как-то зависят, особенно в процессе бурения? (Суворов В.Д.) 5. Насколько моделирование является оперативным? (Протасов М.И.) 6. Анизотропия связана с разной неоднородностью по горизонтали и вертикали? Как длины волн соотносятся с размерами неоднородностей? (Колесников Ю.И.) 7. Как видятся перспективы применения решений задач в классе слоисто-однородных моделей? (Глинских В.Н.) 8. В методе сжатия данных почему нельзя просто увеличить время между отсчетами и тогда вообще не надо ничего сжимать? Учет угла наклона анизотропии сильно повлияет на конфигурацию новых приборов? (Плоткин В.В.)

Соискатель Никитенко М.Н. согласилась с замечаниями, ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию: 1. Вопрос о связи глинистости с проницаемостью рассматривался соискателем только в классическом смысле, т.е. увеличение глинистости ведет к уменьшению проницаемости. 2. Регуляризаторами минимизации являются учет априорных значений параметров инверсии, диапазон их изменения (если есть), автоматически настраиваемый параметр регуляризации метода Левенберга-Марквардта и общие ограничения на параметры. 3. Традиционным критерием для принятия решений является приближение или удаление от границ продуктивного пласта по результатам инверсии данных. 4. Предполагается, что электрофизические параметры не зависят от напряженного состояния. 5. Время расчета прямой задачи – тысячные и сотые доли секунды, инверсии – секунды. 6. Анизотропия подразумевает тонкое переслаивание песчаных и глинистых прослоев, длины волн превышают их размер, поэтому нет чувствительности сигналов к отдельным прослоям. 7. В горизонтальных скважинах, для каротажа в процессе бурения решения в слоисто-однородных моделях еще долго будут востребованы, учет трехмерных неоднородностей возможен путем коррекций. 8. При сжатии данных необходимо сигнал восстанавливать с заданной точностью, указанные методы показывают, сколько и какие параметры необходимо записывать. Наклон анизотропии не повлияет на конфигурацию, если он будет незначительным.

Диссертация Никитенко М.Н. «Оперативное моделирование и интерпретация в

современных технологиях электромагнитного каротажа» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней: это научно-квалификационная работа, в которой на основе численно-аналитических решений прямых задач, высокоточных и быстрых вычислительных алгоритмов и компьютерных программ для моделирования, инверсии и анализа разрешающей способности данных электромагнитных зондирований научно обоснованы конфигурации новых зондирующих систем и эффективность применения используемых на практике каротажных методов, созданы новые способы интерпретации данных, что определяет значительный вклад в развитие аппарата моделирования и интерпретации данных электромагнитных зондирований и имеет важное практическое значение для оперативного решения задач промысловой геофизики.

На заседании 10 февраля 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Никитенко М.Н. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации по техническим наукам, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - нет, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета
д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН

Глинских Вячеслав Николаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.г.-м.н., доцент

Неведрова Нина Николаевна

11 февраля 2022 г.