ЗАКЛЮЧЕНИЕ
комиссии диссертационного совета 24.1.087.02
для принятия к защите диссертации Глинских Анастасии Вячеславовны
«Интерпретация потенциалов самопроизвольной поляризации
в терригенных отложениях с применением метода конечных элементов
и аппроксимации сигмоидальными функциями»
по специальности 1.6.9 – «геофизика» на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Комиссия в составе членов Диссертационного совета **24.1.087.02** на базе ИНГГ СО РАН доктора физико-математических наук Решетовой Г.В. (председатель), доктора технических наук Сухоруковой К.В. и доктора физико-математических наук Шишленина М.А., ознакомившись с текстом диссертационной работы Глинских Анастасии Вячеславовны, пришла к выводу:

Объектом исследования в диссертационной работе Глинских А.В. являются численные решения прямых и приближенные аналитические решения обратных задач стационарной геоэлектродинамики в осесимметричных моделях геологических сред применительно к задачам каротажа потенциалов самопроизвольной поляризации для экспресс-оценок содержания углеводородов и минерализации пластовых вод, а также количественного определения петрофизических параметров песчано-глинистых коллекторов, вскрытых нефтегазовыми скважинами.

Актуальность. Метод потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС) является одним из основных инструментов геофизических исследований в скважинах (ГИС) и широко применяется при изучении геологических разрезов нефтегазовых залежей. Каротаж ПС входит в предусмотренный нормативными документами обязательный комплекс ГИС, что обусловлено простотой регистрации сигналов и их высокой информативностью при оценке фильтрационно-ёмкостных свойств флюидонасыщенных пластов-коллекторов и выделении глинистых флюидоупоров. Современные исследования в области метода ПС направлены на создание количественных физико-математических моделей сигналов и развитие численных подходов к решению соответствующих прямых и обратных задач в полных математических постановках. Это направление носит междисциплинарный характер и объединяет знания в области физики пористых сред, геологии, гидрогеологии, электрохимии, коллоидной химии и вычислительной математики и процедур искусственного интеллекта. Это позволяет совершенствовать интерпретацию каротажных данных и создавать более достоверные и верифицируемые модели, учитывающие реальный состав и структуру геологической среды.

Целью исследования является развитие программно-алгоритмической базы метода ПС для количественного изучения характеристик песчано-глинистых коллекторов в сложнопостроенных терригенных разрезах путём создания эффективных вычислительных подходов к моделированию и интерпретации сигналов ПС.

Научные результаты, полученные лично соискателем:

1. Алгоритм численного моделирования сигналов ПС в осесимметричных моделях геологических сред методом конечных элементов и его программная реализация, обеспечивающие описание радиальной неоднородности прискважинной области с помощью заданного числа зон с различными геоэлектрическими параметрами и учёт петрофизи-

ческих свойств песчано-глинистых коллекторов, включая содержание и тип глинистых минералов.

2. Метод количественной интерпретации диаграмм ПС и его программная реализация, основанные на аналитической аппроксимации локальных по глубине аномалий функцией, построенной из сигмоидальных переходов, параметры которой зависят от геоэлектрических характеристик прискважинной области, и позволяющие выполнять приближённое экспресс-определение минерализации пластовой воды при наличии априорных геоэлектрических и петрофизических данных.

Теоретической основой решения поставленных задач является формализм связанных потоков, используемый для описания электрохимического источника тока. Прямая задача формулируется на основе уравнения Пуассона и соответствующих граничных условий для электрического потенциала. **Основной метод исследования** – численное моделирование сигналов ПС в осесимметричных моделях геологических сред методом конечных элементов. Алгоритм разработан на основе широко используемого программно-алгоритмического обеспечения для решения прямой задачи бокового каротажного зондирования, созданного в ИНГГ СО РАН (разработчик: к.ф.-м.н. О.В. Нечаев) и реализованного на языке C++. При параметризации среды учитываются слоистое строение разреза, радиальная неоднородность прискважинной области с заданным числом зон и петрофизические свойства песчано-глинистых коллекторов, включая содержание и тип глинистых минералов. Верификация алгоритма проводилась на синтетических и практических каротажных данных. **Критерием качества и достоверности** численного моделирования является согласованность его результатов с известными аналитическими решениями и данными корректировочных палеток ПС. При моделировании практических диаграмм параметры среды задаются в рамках тонкослоистых геоэлектрических моделей, полученных в результате инверсии сигналов высокочастотного индукционного каротажного изопараметрического зондирования (ВИКИЗ), а также с привлечением результатов интерпретации данных других методов ГИС и лабораторных исследований керна.

Для количественной интерпретации диаграмм ПС развивается предложенный в работе метод аналитической аппроксимации. Форма локальных аномалий по глубине описывается функцией, построенной на основе двух сигмоидальных переходов на кровле и подошве пласта, параметры которой связываются с геоэлектрическими характеристиками прискважинной области. Неизвестные коэффициенты в этих зависимостях определяются путём минимизации невязки между аналитическими и синтетическими диаграммами, рассчитанными с помощью ресурсоемкого метода конечных элементов. Для приближённого определения минерализации пластовой воды используются восстановленная амплитуда статического ПС, априорные геоэлектрические и петрофизические параметры среды, а также значения пластовой температуры. Апробация метода аналитической аппроксимации проводилась на синтетических и практических диаграммах ПС. **Критериями качества и достоверности** полученных результатов являются согласованность аппроксимированных диаграмм с результатами численного моделирования методом конечных элементов, а также соответствие оценок минерализации имеющимся данным о пластовых водах исследуемых месторождений.

Фактические материалы включают практические данные ПС, полученные при каротаже скважин на месторождениях Западной Сибири и Юго-Восточной Азии.

Все вышесказанное позволяет утверждать, что **работа соответствует специальности 1.6.9**, «геофизика» (п. 14 «Математические и численные исследования в теории прямых и обратных задач геофизики (сейсмики, геоэлектрики, гравиметрии, магнитометрии, геотермики, ядерной геофизики, петрофизики, дистанционных зондирований Земли), включая геофизические методы разведки, скважинную и инженерную геофизику. Разработка алгоритмов решения прямых и обратных задач геофизики, методов аппроксимации геофизических полей, цифровой фильтрации, нейронных сетей и машинного обучения для повышения разрешающей способности методов и подавления помех, построения изображений. Создание соответствующих компьютерных технологий, в том числе для суперкомпьютеров и графических процессоров, и их применение в геолого-геофизической практике при достаточной математической новизне» и п. 16 «Методы обработки и интерпретации результатов измерений геофизических полей» паспорта специальности) **по физико-математическим наукам**.

Материалы диссертации полностью изложены в 12 научных работах, из них 3 статьи в журналах категории К1, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций, («Geosciences», «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири»), 1 статья в другом рецензируемом научном журнале, 8 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских конференций. Кроме того, получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

При экспертизе текста диссертации, автореферата, публикаций, а также результатов проверки текста системой «Антиплагиат» **комиссией установлено**, что

- оригинальных блоков в диссертации с учетом добросовестного самоцитирования – 92.61 %;
- соискателем сделаны ссылки на все источники заимствования материалов, **фактов некорректного цитирования или заимствования без ссылки** на соавторов в тексте диссертации и автореферате **не обнаружено**;
- **сведения, представленные соискателем**, об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, **достоверны**;
- **несоответствий** текста диссертации, представленного соискателем в диссертационный совет, тексту диссертации, размещенному на сайте, **не выявлено**;
- **недостоверных сведений в документах**, представленных соискателем в диссертационный совет, **не выявлено**.

Комиссия рекомендует:

1. Принять к защите диссертацию Глинских Анастасии Вячеславовны «Интерпретация потенциалов самопроизвольной поляризации в терригенных отложениях с применением метода конечных элементов и аппроксимации сигмоидальными функциями» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 – «геофизика».

2. Ведущей организацией назначить Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», 625000, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38, тел.: +7 (3452) 28-36-70, e-mail: general@tyuiu.ru, оф. сайт: https://www.tyuiu.ru.

3. В качестве официальных оппонентов рекомендуются:

Акимова Елена Николаевна, доктор физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», профессор, ведущий научный сотрудник отдела некорректных задач анализа и приложений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук, 620077, Свердловская область, г. Екатеринбург, Бокс № 82, ул. Софьи Ковалевской, д. 16, тел.: +7 (343) 375-34-46, e-mail: aen15@yandex.ru. Е.Н. Акимова имеет публикации по теме диссертации А.В. Глинских, дала официальное согласие на оппонирование представленной диссертации.

Дашевский Юлий Александрович, доктор физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», главный научный сотрудник лаборатории математического моделирования геофизических процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Новосибирская область, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, тел.: +7 (383) 330-83-53, e-mail: dashyuly48@mail.ru. Ю.А. Дашевский имеет публикации по теме диссертации А.В. Глинских, дал официальное согласие на оппонирование представленной диссертации.

Комиссия диссертационного совета:

д.ф.-м.н.	Г.В. Решетова
д.т.н.	К.В. Сухорукова
д.ф.-м.н.	М.А. Шишленин