

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.358.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 декабря 2023 г. протокол № 8

О присуждении Се Минцюню, гражданину КНР, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование фильтрационно-емкостных свойств нефтяных коллекторов и процесса гамма-гамма цементометрии при геофизических исследованиях в скважинах» по специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки) принята к защите 12 октября 2023 г., протокол заседания № 6, диссертационным советом 24.2.358.01, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»: 614990, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Диссертационный совет создан приказом Минобрнауки России № 853/нк от 12 июля 2022 г.

Соискатель, Се Минцюнь, 08 июня 1996 года рождения. В 2019 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по специальности 05.04.01 «Геология», профиль «Геофизика».

Освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по направлению подготовки 05.06.01 «Науки о Земле». Окончил её в 2023 г. с присвоением квалификации – «Исследователь. Преподаватель исследователь».

Диссертация выполнена на кафедре геофизики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Научный руководитель: Костицын Владимир Ильич, доктор технических наук по специальности 25.00.10, профессор кафедры геофизики геологического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Официальные оппоненты:

Иголкина Галина Валентиновна, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории скважинной геофизики Федерального

государственного бюджетного учреждения науки «Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича» Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург),

Черменский Владимир Германович, доктор технических наук, директор по науке компании Общества с ограниченной ответственностью «НПП Энергия» (г. Тверь)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (г. Уфа) в своем положительном отзыве, утверждённом проректором по инновационной деятельности университета, кандидатом технических наук, доцентом Георгием Константиновичем Агеевым и подписанным заведующим кафедрой геофизики, доктором технических наук по специальности 04.00.12 «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», профессором, академиком Академии Наук Республики Башкортостан Римом Абдуллоевичем Валиуллиным, **указала**, что диссертационная работа Се Минцзюня на тему «Моделирование фильтрационно-емкостных свойств нефтяных коллекторов и процесса гамма-гамма цементометрии при геофизических исследованиях в скважинах» посвящена решению актуальных задач оценки фильтрационно-емкостных свойств коллекторов и качества цементирования заколонного пространства, содержит новые научные результаты, является законченной научной работой, имеющей значительный прикладной характер и соответствует требованиям, установленным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842 (п.п. 9-14), а ее автор Се Минцзюнь заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 - Геофизика.

Соискателем по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 7 статей в журналах перечня ВАК, объем научных изданий составляет 125 листов).

В работах, опубликованных соискателем ученой степени, в которых изложены основные научные результаты диссертации, недостоверных сведений, заимствований материалов или отдельных результатов без указания ссылок установлено не было.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Ву, И. Метод быстрой трехмерной инверсии результатов зондирования боковым каротажем (БКЗ) / И. Ву, И. Фань, Ч. Ву, М. Се // НТВ «Каротажник». – 2020. – № 6 (306). – С. 115–129 (вклад автора 20%).
2. Сунь, Ц. Технологии моделирования и применения цифрового ствола скважины в каротаже / Ц. Сунь, С. Люй, В. Янь, Л. Цуй, Ц. Чжан, М. Се // НТВ «Каротажник». – 2020. – № 6 (306). – С. 22–35 (вклад автора 15%).
3. Чжан, Ф. Определение плотности пласта горных пород прибором гамма-гамма-каротажа с тремя детекторами при наличии глинистой корки / Ф. Чжан, Ц. Фань, Х. Сун, М. Се, С.В. Белов // НТВ «Каротажник». – 2021. – № 7 (313). – С. 134–149 (вклад автора 20%).

4. Шао, Ц. Метод быстрой оценки структуры пор плотного коллектора с использованием имиджевого электрического каротажа / Ц. Шао, Ф. Чжан, П. Чжан, Ц. Чжан, В.И. Костицын, **М. Се** // НТВ «Каротажник». – 2021. – № 7 (313). – С. 173–190 (вклад автора 15%).

5. Шао, Ц. Метод определения залегания горных пород одно- и двухмерными данными геофизических исследований в процессе бурения (LWD) для геонавигации скважин / Ц. Шао, С. Сюй, Ю. Е, С. Цао, В.И. Костицын, **М. Се** // Геофизика. – 2022. – № 5. – С. 67–75 (вклад автора 15%).

6. Сунь, Ц. Исследование диэлектрической дисперсии и модели водонасыщенности пиритсодержащих сланцев / Ц. Сунь, Т. Чжан, **М. Се**, М.В. Искандиров // Геофизика. – 2023. – № 1. – С. 54–63 (вклад автора 25%).

7. **Се, М.** Моделирование поля гамма-квантов методом Монте-Карло при цементометрии обсаженных скважин / **М. Се** // Геофизика. – 2023. – № 3. – С. 114–120 (вклад автора 100%).

В работах, опубликованных соискателем ученой степени, в которых изложены основные научные результаты диссертации, недостоверных сведений, заимствований материалов или отдельных результатов без указания ссылок установлено не было.

На автореферат диссертации поступили 12 отзывов, **все положительные**. Среди них 12 отзывов с замечаниями:

1. *Путилов Иван Сергеевич*, заместитель директора филиала по научной работе в области геологии Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в Перми, доктор технических наук, отмечает:

– на рисунке 2 показана каротажная диаграмма интерпретации данных с использованием разработанной методики. Согласно заключению автора, кривая коэффициента водонасыщенности после введения поправки чувствительна к водонасыщенному тонкому слою, но не указано интервалы тонких слоев;

– в автореферате представлен процесс исследования методики интерпретации данных ГПЦ в одноколонной скважине. Проводились ли моделирование и обработка данных в многоколонных скважинах?

– в тексте имеется ряд лексических и стилистических ошибок, местами нарушена орфография.

2. *Силаев Валерий Аркадьевич*, генеральный директор нефтедобывающего предприятия «Институт развития организационных структур топливно-энергетического комплекса» (Институт РОСТЭК), доктор технических наук, отмечает:

– на рисунке 1 показан пример цифровой модели керна, но следовало для сравнения добавить оригинальное изображение образца керна;

– на рисунках 2, 5, 7 и 12 отсутствуют подробные описания кривых на каротажных диаграммах;

– в тексте имеются стилистические ошибки и неудачные высказывания.

3. *Рашидов Владимир Александрович*, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, кандидат технических наук, отмечает:

- сокращение гамма-гамма цементометрии – ГГЦ – сделано несколько раз;
- в автореферате при написании числовых значений использованы в качестве разделительных знаков, как точки, так и запятые;
- написание частей рисунков сделано в трех вариантах.

4. *Лобанков Валерий Михайлович*, профессор кафедры «Геофизические методы исследований» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ), доктор технических наук, отмечает:

- в автореферат следовало включить больше геолого-геофизической информации об участке исследований, например, характеристика сланцевых коллекторов и литофаций;
- следовало бы проверить разработанный алгоритм интерпретации данных ГГЦ в эксплуатационных скважинах для подтверждения применимости методики;
- защищаемые положения следовало бы изложить в форме научных утверждений автора, как предмет защиты.

5. *Губайдуллин Марсель Галиуллович*, профессор кафедры геологии, горных работ и стандартизации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет» (САФУ), доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный геолог Российской Федерации, отмечает:

– автору следовало бы подчеркнуть актуальность создания цифровой модели керна сланцевых пород-коллекторов, которая представляет собой важную самостоятельную задачу. Не совсем понятно, что подразумевается под сканированием изображения керна электронным микроскопом. Какого изображения, или шлифа керна?

– из автореферата не ясно: проводились ли количественная интерпретация данных геофизических исследований скважин на месторождения в России с применением разработанных методик? Если проводилась интерпретация, то какие получены результаты и как они коррелируются с приведенными выводами?

6. *Аузин Андрей Альбертович*, профессор кафедры геофизики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», доктор технических наук, и *Муравина Ольга Михайловна*, заведующий кафедрой геофизики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», профессор, доктор технических наук, отмечают:

– цифровую модель керна автор создает на основе сканирования трех образцов керна пиритсодержащих сланцев. Необходимо уточнение, насколько обосновано использование столь малой выборки, повлияет ли на результаты

увеличения количества образцов, насколько универсальны полученные результаты или нужно использовать образцы, относящиеся к конкретным объектам исследования.

7. *Потапов Александр Петрович*, заведующий лабораторией АО НПП «ВНИИГИС», кандидат технических наук, отмечает:

– в автореферате не приведены зависимости оценки погрешности определения радиуса зоны проникновения от толщины пласта по данным многозондового бокового каротажа.

8. *Теплухин Владимир Клавдиевич*, технический директор ООО «ЛИДЕР», доктор технических наук, отмечает:

– неверно называть спектр, сформированный всеми гамма-квантами, достигающими детекторов (стр. 18), им должен быть истинный спектр;

– из текста автореферата не понятно, какую роль играет метод Монте-Карло в моделировании гамма-гамма цементометрии;

– в работе сделана оценка эффективности только гамма-гамма каротажа для измерения толщины стенки колонны и качества сцепления цемента с колонной. Но в практике, как правило, применяют не менее широко акустические методы цементометрии, ориентированные, в том числе и для оценки состояния качества сцепления цемента с колонной;

– в работе практически обосновано внимание автора только к залежам нефти в сланцевых коллекторах, и не сделан подробный анализ хотя бы в прогнозном варианте в других, к примеру, осадочных коллекторах.

9. *Тюкавкина Ольга Валерьевна*, профессор кафедры геологии и разведки месторождений углеводородов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), доктор технических наук, отмечает:

– для получения убедительных выводов недостаточно привести примеры сравнения удельного электрического сопротивления неизменной части пласта, рассчитанного по разработанной методике, и по анализу керна для одной скважины;

– следовало привести пример необработанного изображения образцов кернов с агрегатным и рассеянным пиритом, на основе которого построена цифровая модель керна;

– в автореферате необходимо было отобразить варианты реализации прямого моделирования гамма-гамма цементометрии с использованием метода Монте-Карло.

10. *Завьялов Алексей Дмитриевич*, заведующий лабораторией сейсмических опасности Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, доктор физико-математических наук, отмечает:

– среди своих предшественников соискатель не упомянул И.О. Баюк (ИФЗ РАН), работы которой дали существенный вклад в развитие цифровых моделей кернов;

– в автореферате мне не удалось найти ответ на вопрос о величине зоны ответственности керна и, соответственно, его цифровой модели, на какое расстояние от скважины можно распространить параметры самого керна и его цифровой модели.

11. *Галкин Сергей Владиславич*, декан горно-нефтяного факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», доктор геолого-минералогических наук профессор по специальности «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», отмечает:

– на основе приведенных результатов численного моделирования и фактического примера в скважине китайского нефтяного месторождения Цинхай автором в главе 3 сделан вывод о том, что с использованием разработанного алгоритма инверсии данных многозондового бокового каротажа можно определить радиус проникновения, горизонтальное и вертикальное удельное электрическое сопротивление неизменной части пласта. Представляется, что представление в диссертации такого объема фактического материала недостаточно для данного утверждения из-за малого количества образцов керна;

– на рисунке 12 показаны результаты интерпретации данных гамма-гамма цементометрии с использованием разработанной методики. По какой причине во втором интервале изменение показаний шести детекторов на одной и той же глубине не соответствует изменению расчетной плотности цемента?

12. *Ирина Александровна Черных*, кандидат технических наук, начальник отдела геофизики Общества с ограниченной ответственностью «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», отмечает:

– на рисунке 1 не указано значение разных цветов в моделях;

– на рисунках 9, 10, 11 показаны смоделированные энергетические спектры и гамма-счеты детектора. Сравнились ли результаты моделирования с измеренными данными в реальных обсаженных скважинах?

– на рисунке 12 представлены результаты применения разработанной методики к определению плотности цемента в заколонном пространстве. Почему точность расчета плотности цемента в первом интервале выше, чем во втором?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается общностью тематики исследования: Уфимский университет науки и технологий широко известен своими работами в области геофизических исследований скважин; Иголкина Г.В. является известным специалистом в области обработки и интерпретации данных геофизических полей в скважинах; Черменский В.Г. – специалист по вопросам разработки приборов и интерпретации данных ядерно-геофизических исследований скважин; а также их соответствием требованиям п.п. 22-24 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842 (с изменениями и дополнениями в ред. от 26.01.2023 г.). Официальные оппоненты и ведущая организация имеют широкую известность, высокую научную компетентность,

значительные достижения в данной области наук и способны определять научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика коррекции коэффициента водонасыщенной пористости сланцевого коллектора, позволяющая учитывать эффект дисперсии и содержание пирита, основанная на цифровом моделировании ядра пиритсодержащих сланцев;

предложена методика быстрой трехмерной инверсии данных многозондового бокового каротажа и оценочный индекс разделения структуры пор, позволяющие определить радиус проникновения бурового раствора и величину удельного электрического сопротивления неизменной части пластов и оценить качества порового пространства;

доказано, что алгоритм определения метрологических параметров прибора и программы моделирования гамма-гамма цементометрии позволяют определить распределение поля гамма-квантов и плотность цемента за колонной.

Теоретическая значимость исследований заключается в том, что:

доказано целесообразность применения цифровой модели ядра к исследованию диэлектрических свойств горных пород;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследований, в том числе численных методов и экспериментальных методик;

изложены идеи и продемонстрированы примеры успешного использования новых подходов к моделированию данных гамма-гамма цементометрии с использованием метода Монте-Карло и суперкомпьютеров;

раскрыта потенциальная связь между характеристиками кривых закачки ртути в ядро, T₂-спектра ЯМР и спектра пористости, созданного по данным электрического сканирования стенок скважин для оценки структуры порового пространства коллекторов;

изучен вклад радиуса проникновения бурового раствора, анизотропии и наклона пластов в показания многозондового бокового каротажа;

проведена модернизация существующего алгоритма расчета коэффициента водонасыщенной пористости сланцевых коллекторов по данным диэлектрического каротажа с учетом эффекта дисперсии пирита;

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны методические основы исследования микроскопического взаимодействия гамма-квантов с веществом в обсаженной скважине и величиной макроэффекта при моделировании методом Монте-Карло.

представлены методические рекомендации по использованию технологии цифрового моделирования ядра и трехмерный алгоритм конечных разностей для исследования влияния свойств минеральных составов на изменение геофизических полей в скважинах;

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

- *результаты геофизических исследований* скважин получены с помощью современного сертифицированного высокоточного геофизического оборудования;

- *программно-алгоритмические и методические разработки* базируются на основных положениях теории электромагнитного поля, математического анализа, линейной алгебры, вычислительной математики, методологии интерпретации геофизических полей и программирования;

- *результаты*, полученные в процессе интерпретации данных геофизических исследований скважин в исследуемых районах, согласуются с результатами лабораторных исследований керна и материалами интерпретации других каротажных методов.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

- принимал непосредственное участие в разработке алгоритмов, математических моделей, а также методики обработки и интерпретации результатов каротажных исследований;

- провел обработку сканированных изображений шлифов, по результатам которой построена цифровая модель керна пиритсодержащих сланцев, расположенных в пределах осадочного бассейна Ордос (Китай);

- выполнил численное моделирование анизотропных пластов с проникновением фильтра бурового раствора;

- разработал программу Geant4 на языке высокого уровня C++, реализующую моделирование распространения гамма-квантов в обсаженной скважине и в процессе гамма-гамма цементометрии;

- выполнил серию вычислительных экспериментов и решил прямую задачу гамма-гамма цементометрии с использованием разработанной программы;

- создан численный алгоритм определения метрологических параметров и плотности цемента за колонной.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- в чем состоят особенности создания цифровых моделей керна и ствола скважины?

- на практике широко используются акустические методы цементометрии, а почему Вы рекомендуете гамма-гамма метод?

Соискатель Се Минцзюнь согласился с замечаниями редакционного и стилистического характера и привел собственную аргументацию:

- на основании проницаемости, удельного сопротивления и модуля упругости получаем цифровую модель ствола скважины, а по модели дискретной сети трещин и объединению её в цифровую модель создается цифровая модель ствола скважины с трещинами, на основе которой находится трехмерное пространственное распределение модуля упругости, пористости и проницаемости вскрытых пластов для определения плотности цемента и эксцентриситета колонны;

- метод акустической цементометрии заключается в оценке качества сцепления цементного камня с обсадной колонной и горной породой, а гамма-гамма цементометрия направлена на оценку плотности цемента и распределения цементного камня за колонной.

На заседании 21 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение: за научно обоснованные технологические и методические решения в области моделирования, разработки программного комплекса и интерпретации данных геофизических исследований скважин, имеющие существенное значения для повышения эффективности поисков, разведки и эксплуатации месторождений углеводородов, присудить Се Минцзюнь учёную степень кандидата технических наук.

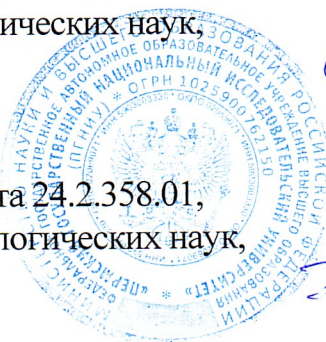
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 11 докторов наук по специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки), участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10; против – 1, недействительных бюллетеней – нет .

Заместитель председателя
диссертационного совета 24.2.358.01,
доктор физико-математических наук,
доцент



А.С. Долгаль

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.358.01,
доктор геолого-минералогических наук,
доцент



П.А. Красильников

21 декабря 2023 г.