

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «Тюменский нефтяной
научный центр» (ООО «ТННЦ»),

кандидат технических наук

А. В. Аржиловский

25 _____ 2023г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – общества с ограниченной ответственностью «Тюменский нефтяной научный центр» ПАО «НК «Роснефть», г. Тюмень на диссертационную работу

Добрыдень Станислава Викторовича

на тему **«Методика геологической интерпретации данных геофизических исследований скважин в разрезах вулканических формаций (на примере вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода)»**, представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика.

Диссертация Добрыдень С.В. посвящена разработке методики геологической интерпретации данных геофизических исследований скважин, позволяющей повысить достоверность определения подсчётных параметров и фильтрационных свойств горных пород вулканических формаций.

Актуальность темы диссертационного исследования

Промышленно значимые скопления углеводородов в горных породах вулканического происхождения встречаются в целом ряде нефтегазоносных провинций мира. В доюрском комплексе Западной Сибири наиболее крупные залежи приурочены к вулканогенно-осадочной толще северо-восточного обрамления Красноленинского свода. Вулканогенным горным породам характерен ряд особенностей (сложный состав, структура пустотного пространства) не типичных для традиционных терригенных и карбонатных разрезов большинства эксплуатируемых залежей нефти и газа, что приводит к низкой эффективности применения традиционных комплексов ГИС и методик интерпретации их результатов при выделении коллекторов, оценке запасов углеводородов и прогнозе продуктивности скважин. Таким образом, исследования, направленные на

изучение этих особенностей с целью уточнения петрофизической основы и повышения достоверности геологической интерпретации методов ГИС в разрезах вулканогенных отложений, являются актуальными и практически значимыми.

Структура и объём диссертационной работы

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Объём работы составляет 168 страниц текста, 84 рисунка, 2 таблицы, 2 приложения. Список литературы содержит 188 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, рассмотрены методы исследования, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе «Анализ методик изучения вулканических формаций методами геофизических исследований скважин» выполнено обобщение и анализ существующих методик интерпретации данных ГИС в разрезах вулканических формаций. Рассмотрены особенности строения вулканогенных коллекторов, обуславливающие их более сложное строение относительно терригенных и карбонатных горных пород. Намечены направления разработки и совершенствования методик геологической интерпретации данных ГИС применительно к целевому объекту.

Вторая глава «Геолого-геофизическая характеристика вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода» посвящена систематизации и комплексному анализу геолого-геофизической информации, накопленной при изучении целевого объекта. Показано, что основными причинами, затрудняющими интерпретацию данных ГИС являются непостоянный полиминеральный состав и сложная структура пустотного пространства пород. Эти факторы обуславливают существенные вариации петрофизических свойств и, как следствие, геофизических параметров.

В третьей главе «Комплексный анализ результатов петрографо-петрофизических исследований горных пород» по данным о химическом, минеральном составе и изменениям структурно-текстурных особенностей, связанных с генезисом и вторичными преобразованиями, обосновано 10 петрологических типов горных пород. Изучены их петрофизические свойства (фильтрационно-емкостные, плотностные, акустические, электрические, радиоактивные, капиллярные), структура пустотного пространства и влияние особенностей петротипов на геофизические параметры – плотность, водородосодержание, интервальное время пробега продольной акустической волны, интегральную и спектральную естественную радиоактивность, электрическое сопротивление и потенциалы собственной поляризации.

Представленная в главе 3 информация позволила сформулировать *первое защищаемое положение*: «Учёт выявленных закономерностей изменения вещественного состава, петрофизических свойств, структуры пустотного пространства горных пород в зависимости от их генезиса и вторичных преобразований является одним из необходимых условий повышения информативности методов ГИС в разрезах вулканических формаций».

Четвёртая глава «Методика геологической интерпретации данных геофизических исследований скважин» посвящена разработке методики геологической интерпретации данных ГИС в разрезах вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Краснотеннинского свода.

На основе кластерного анализа геофизических параметров и по установленным на керне характерным диапазонам содержаний минералов и коэффициента пористости предложена методика выделения петрологических типов горных пород в разрезах скважин. При этом соответствие выделенных петротипов результатам петрографического описания керна составляет 70-95%.

Установлено два типа коллектора: трещинно-кавернозно-гранулярный и трещинно-каверновый. Для коллекторов трещинно-кавернозно-гранулярного типа по результатам совместного анализа данных керна и результатов промыслово-геофизических исследований скважин установлены граничные значения коэффициента пористости петротипов. Показано, что значение граничной пористости петротипа растёт с усложнением структуры пустотного пространства и содержания вторичных минералов. Выделение коллекторов трещинно-кавернового типа в работе рекомендовано производить с использованием параметров акустических волн, фазокорреляционных диаграмм, специальных методик, фиксирующих формирование/расформирование зоны проникновения в пласте.

Расчёт коэффициента пористости выполнен по комплексу акустического (АК), нейтронного (НК), гамма-гамма плотностного (ГГК-П), гамма-каротажа (ГК) с учётом особенностей петротипов. В результате достигнута сходимость с данным керна $\pm 3\%$ абс., в отличие от $\pm 3.5\%$ абс. при расчётах без использования гамма-каротажа.

Определение коэффициента проницаемости решается в зависимости от преобладающего типа эффективной ёмкости. Для трещинных коллекторов получена связь коэффициента проницаемости по данным гидродинамических исследований скважин от коэффициента трещинной пористости. Для коллекторов трещинно-кавернозно-гранулярного типа обоснована теоретическая модель расчёта проницаемости, учитывающая особенности пустотного пространства.

Определение коэффициента нефтенасыщенности (K_n) рекомендуется выполнять по зависимости удельного электрического сопротивления (УЭС) от объёмной водонасыщенности горных пород. Зависимость получена с

использованием результатов исследований керна с сохранённой насыщенностью. Зависимость учитывает особенности структуры пустотного пространства и вторичных преобразований изучаемых горных пород. Использование полученной зависимости позволило снизить неоднозначность определения K_n и характера насыщения за счёт учёта факторов, приводящих к аномальным изменениям УЭС.

Характер насыщенности рекомендуется определять с использованием критических значений фильтрационно-ёмкостных свойств, полученных по результатам обработки кривых относительных фазовых проницаемостей, полученных при исследовании образцов керна в лаборатории. Результаты определения характера насыщенности по данным ГИС соответствуют результатам испытаний.

В отличие от аналогов, разработанная методика учитывает влияние генезиса и вторичных преобразований на вещественный состав, структуру пустотного пространства, петрофизические и, как следствие, геофизические параметры горных пород, что позволяет повысить достоверность геологической интерпретации ГИС.

Полученные в главе 4 результаты обосновывают **второе защищаемое положение**: *«Методика геологической интерпретации данных ГИС, учитывающая генезис и вторичные преобразования позволяет повысить достоверность определения подсчётных параметров (эффективных толщин, коэффициентов пористости, нефтенасыщенности) и фильтрационных свойств (коэффициентов абсолютной и фазовых проницаемостей) горных пород вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода».*

В пятой главе «Практическая апробация разработанной методики при прогнозе эксплуатационных характеристик скважин» с использованием результатов петрологического расчленения, определения подсчётных параметров и фильтрационных свойств по разработанной методике геологической интерпретации данных ГИС по стандартному комплексу (АК, НК, ГГК-П, ГК, ЭК (ЭМК)) (ЭК, ЭМК – электрический, электромагнитный каротаж) рассчитаны эксплуатационные характеристики скважин – коэффициент продуктивности и содержание воды в притоке (обводнённость). Полученные результаты подтверждаются фактическими данными работы скважин.

Полученные в главах 3, 4, 5 результаты совместно подтверждают **третье защищаемое положение**: *«Повышение достоверности определения фильтрационных свойств на основе учёта структуры пустотного пространства горных пород открывает возможность прогноза начальной продуктивности и обводнённости скважин по данным стандартного комплекса ГИС (АК, НК, ГГК-П, ГК, ЭК (ЭМК))».*

В заключении представлены основные результаты, полученные при решении поставленных задач и рекомендации для дальнейшего повышения достоверности геологической интерпретации данных ГИС в разрезах вулканических формаций.

Анализ содержания текста диссертации позволяет сделать вывод о том, что рассматриваемая работа представляет собой комплексное исследование со значительным вкладом автора.

Научная новизна (по формулировкам автора, с которыми можно согласиться) заключается в следующем:

1. Впервые для изучаемого объекта на основе лабораторных исследований керна выявлены и объяснены эмпирические закономерности изменения петрофизических свойств [фильтрационно-ёмкостных (пористости, проницаемости, водоудерживающей способности), плотностных (объемной и минеральной плотности), акустических, электрических (удельного сопротивления, естественных потенциалов), радиоактивных (гамма-активности и содержания естественных радиоактивных элементов)] горных пород в зависимости от их генезиса и вторичных преобразований.

2. Выделены петрологические типы (петротипы) на основе различий минерального состава и ёмкостных свойств горных пород с использованием адаптированной для изучаемых отложений минерально-компонентной модели. Определены закономерности изменения граничных значений коэффициента пористости и критических значений водонасыщенности петротипов в зависимости от их генезиса и вторичных преобразований.

3. Усовершенствован способ определения типа пустотного пространства горных пород путём учёта влияния вторичных минералов на геофизические параметры. Предложен способ определения коэффициента проницаемости по данным стандартного комплекса ГИС (АК, НК, ГГК-П, ГК), учитывающий структуру пустотного пространства горных пород.

4. Разработана методика геологической интерпретации геофизических исследований скважин, основанная на учёте генезиса и вторичных преобразований горных пород вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Краснотенинского свода. Отличительными чертами методики является углублённое исследование и учёт влияния вещественного состава и петрофизических свойств пород на геофизические параметры.

Степень достоверности и апробация результатов работы

Полученные по разработанной методике результаты геологической интерпретации ГИС подтверждаются данными петрографо-петрофизических исследований керна, результатами промыслово-геофизических, гидродинамических исследований, испытаний и фактической работой скважин, а также данными специальных методов каротажа (ядерно-магнитного, волнового акустического). Предложенные в диссертационной работе подходы внедрены и используются при определении подсчётных параметров вулканогенных отложений на месторождениях территории деятельности ПАО «Сургутнефтегаз» - Рогожниковское, Высотное, им. Шпильмана В.И. (Северо-Рогожниковское), Восточно-Рогожниковское. Результаты успешно защищены в ФБУ «ГКЗ».

Результаты диссертационной работы докладывались на многочисленных конференциях различного уровня. По теме диссертации опубликовано 12 печатных статей, в том числе 8 статей в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и в международную систему цитирования Scopus.

Практическая значимость

Снижена неоднозначность геологической интерпретации данных ГИС (благодаря учёту вновь выявленных закономерностей изменения вещественного состава и петрофизических свойств горных пород в зависимости от их генезиса и вторичных преобразований). Как следствие, повышена точность определения подсчётных параметров и фильтрационных свойств, обеспечена высокая эффективность выделения и освоения промышленных коллекторов.

Предложенные подходы к геологической интерпретации данных ГИС могут применяться для других вулканических формаций с учётом их адаптации к особенностям геологического залегания и химического состава горных пород.

Фактический материал и личный вклад автора

Разработанная методика геологической интерпретации данных ГИС в разрезах вулканических формаций основана на результатах систематизации и комплексного анализа данных ГИС, керна (проходка с отбором керна 7500 метров со средним выносом 87%, изученных образцов более 7500), испытаний, геолого-технологических, гидродинамических исследований 100 поисково-разведочных и эксплуатационных скважин месторождений северо-восточного обрамления Краснотеннинского свода Западной Сибири.

Лично автором, а также с его непосредственным участием выполнен критический анализ методик интерпретации ГИС вулканических формаций и намечены направления их совершенствования; выявлены факторы, определяющие вариации вещественного состава и петрофизических свойств горных пород;

разработана и практически апробирована методика геологической интерпретации, учитывающая влияние указанных факторов на геофизические параметры.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Область диссертационного исследования автора соответствует паспорту научной специальности 1.6.9. Геофизика (геолого-минералогические науки) в части следующих пунктов: п.14 «Математические методы и численное моделирование в теории прямых и обратных задач геофизики, включая геофизические методы разведки, скважинную и инженерную геофизику. Алгоритмы решения прямых и обратных задач геофизики, методы аппроксимации геофизических полей, цифровой фильтрации (в том числе – с использованием методов машинного обучения и искусственного интеллекта). Проблемы повышения чувствительности методов, подавления помех, построения изображений. Создание соответствующих компьютерных технологий, в том числе для суперкомпьютеров и графических процессоров, а также их применение в геолого-геофизической практике при достаточной математической новизне»; п.16 «Методы обработки и интерпретации результатов измерений геофизических полей, в том числе применительно к геофизической разведке»; п.20 «Интегрированный анализ больших объёмов многомерной, многопараметровой и разнородной информации, включающей геофизические данные»; п.24 «Теоретическое и экспериментальное исследование связей физических свойств горных пород с результатами измерения геофизических полей. Цифровая петрофизика, методы определения физических и фациальных характеристик по данным компьютерной томографии и комплекса лабораторных методов».

Замечания по диссертационной работе

1. В работе не описана применявшаяся технология изолированного отбора керна. Рекомендуется указать способы контроля качества результатов, получаемых при исследованиях изолированного керна.

2. Для количественного определения насыщенности в работе предложена зависимость удельного электрического сопротивления от объёмной влажности, полученная на образцах керна с сохранённой насыщенностью (раздел 4.7). Необходимо уточнить расположение интервалов отбора керна с сохранённой насыщенностью относительно водо-нефтяного контакта с целью учёта влияния недонасыщенной зоны залежи на форму получаемой зависимости.

3. Не указано как определялся коэффициент нефтенасыщенности трещиноватых интервалов при прогнозе их продуктивности по данным ГИС (раздел 5).

4. Автор отмечает высокую эффективность межскважинной корреляции вулканогенных отложений при комплексировании сейсмических методов разведочной геофизики и каротажа скважин (раздел 1). Вместе с тем примеры комплексного использования данных ГИС и сейсморазведки при корреляции разрезов скважин изучаемых отложений не приведены.

Замечания не являются принципиальными, не касаются научной новизны и защищаемых положений, носят рекомендательный характер.

Заключение по диссертационной работе

Диссертация Добрыдень Станислава Викторовича «Методика геологической интерпретации данных геофизических исследований скважин в разрезах вулканических формаций (на примере вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода)» является завершённым научным исследованием. В исследовании решена задача повышения достоверности определения подсчётных параметров и фильтрационных свойств сложнопостроенных вулканогенных и вулканогенно-осадочных коллекторов, являющихся перспективным объектом геологоразведочных работ на нефть и газ, что имеет существенное значение для геолого-геофизической области научных знаний. Полученные результаты рекомендуются к использованию для схожих по геологическому строению вулканогенных отложений на площадях Западно-Сибирской и других нефтегазоносных провинций.

Автореферат соответствует содержанию полного текста диссертации. Содержание диссертации в достаточной мере отражено в опубликованных работах.

Диссертационная работа Добрыдень Станислава Викторовича отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям в соответствии с п.9-11, 13-14 (постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842) «Положения о присуждении учёных степеней» и её автор присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика.

Отзыв обсуждали и приняли на расширенном заседании Экспертно-аналитического управления ООО «Тюменский нефтяной научный центр» ПАО НК «Роснефть», г. Тюмень. На заседании присутствовало 30 человек (из них: и 5 – кандидатов наук), протокол №3 от 06 апреля 2023г.).

24.04.2023

Старший эксперт, к.г.-м.н.



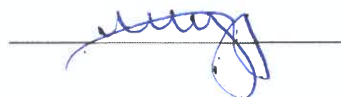
Акиншин А. В.

Эксперт, к.г.-м.н.



Родивилов Д. Б.

Эксперт, руководитель
специализированного
института по петрофизике



Махмутов И.Р.

Подписи А.В. Акиньшина, Д.Б. Родивилова, И.Р.Махмутова удостоверяю Ведущий специалист ООО «Тюменский нефтяной научный центр»



Генерал Светлана Викторовна



24.04.2023г.

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

Контактная информация:

Акиньшин Александр Вадимович

Учёная степень: Кандидат геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»;

Должность: старший эксперт, Экспертно-аналитического управления;

ООО «Тюменский нефтяной научный центр»;

625000, г. Тюмень, ул. Осипенко 79/1, телефон +7-929-269-09-71;

e-mail: avakinshin@tnnc.rosneft.ru

Родивилов Данил Борисович

Учёная степень: Кандидат геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»;

Должность: Эксперт отдела геологии, управление по геологии и разработке нефтегазоконденсатных месторождений;

ООО «Тюменский нефтяной научный центр»;

625000, г. Тюмень, ул. Осипенко 79/1, телефон +7-912-926-72-86;

e-mail: dvrodivilov@tnnc.rosneft.ru

Махмутов Ильшат Римович

Должность: Эксперт, руководитель специализированного института по петрофизике

ООО «Тюменский нефтяной научный центр»;

625000, г. Тюмень, ул. Осипенко 79/1, телефон +7-963-069-2146;

e-mail: irmakhmutov@tnnc.rosneft.ru

