

ОТЗЫВ

**официального оппонента Полякова Евгения Евгеньевича
на диссертационную работу Добрыдень Станислава Викторовича
«Методика геологической интерпретации данных геофизических
исследований скважин в разрезах вулканических формаций
(на примере вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного
обрамления Красноленинского свода)»**

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 1.6.9. - «Геофизика».

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Туренко Сергей Константинович.

Актуальность темы

Стратегическими целями России в области развития топливно-энергетического комплекса в первой половине XXI века являются: сохранение и поддержание статуса великой энергетической державы, неуклонное увеличение национальной добычи газа и производства электроэнергии, поддержание добычи нефти на достигнутом уровне. На фоне прогрессирующего истощения традиционных запасов углеводородов (УВ) заметный вклад в поддержание необходимого уровня добычи вносят залежи, приуроченные к вулканическим формациям. Последние сложены вулканогенными, вулканогенно-осадочными, осадочными горными породами, многообразие сочетаний которых вызывают трудности при их изучении методами геофизических исследований скважин (ГИС). Характерным примером таких отложений является вулканогенно-осадочная толща северо-восточного обрамления Красноленинского свода, вмещающая наиболее крупные в доюрском основании Западной Сибири залежи нефти. Вопросы геологической интерпретации ГИС находятся на начальном этапе разработки, а подходы, зарекомендовавшие себя в других вулканических формациях, требуют адаптации с учётом индивидуальных особенностей рассматриваемых отложений. Разработка новаторской авторской методики, позволяющей на примере изучаемой толщи повысить эффективность геологической интерпретации данных ГИС в разрезах вулканических формаций является актуальной задачей.

Степень обоснованности и достоверности основных положений, выводов и рекомендаций работы

Представленные в работе результаты исследований получены с помощью современных методов ГИС и лабораторных исследований керна. Теоретическая часть построена на общепризнанных научных фактах. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций,

сформулированных в диссертации, подтверждается необходимым объемом экспериментов. В ходе работы сформулированы диагностические признаки петрологического расчленения вулканических формаций, выделения коллекторов, определения типа пустотного пространства, коэффициента пористости (K_p) горных пород, определению характера насыщения и коэффициента нефтенасыщенности (K_n), прогнозу коэффициента проницаемости ($K_{пр}$) горных пород и продуктивности скважин по данным ГИС. Основные выводы и рекомендации автора подтверждены практическими примерами, расчетами на большой выборке керна и скважин вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода.

Научная новизна основных положений, выводов и рекомендаций работы

Новизна результатов, полученных соискателем, вполне обоснована и достаточно убедительна.

Основными научными результатами исследования оппонент считает следующее:

1. Учёт выявленных закономерностей изменения вещественного состава, петрофизических свойств, структуры пустотного пространства горных пород в зависимости от их генезиса и вторичных преобразований для повышения информативности методов ГИС в разрезах вулканических формаций.

2. Методика геологической интерпретации данных ГИС, учитывающая генезис и вторичные преобразования позволяет повысить достоверность определения подсчётных параметров горных пород вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода.

3. Определения фильтрационных свойств на основе учёта структуры пустотного пространства вулканических формаций позволило повысить достоверность прогноза начальной продуктивности и обводнённости скважин по данным стандартного комплекса ГИС.

Научная и практическая значимость

В результате выполненных исследований повышена точность определения подсчётных параметров и фильтрационных свойств, обеспечена высокая эффективность выделения промышленных коллекторов, достигнуто улучшение качества планирования геолого-технических мероприятий.

Полученные научные результаты по результатам внедрения в ПАО «Сургутнефтегаз» подтверждены экономическим эффектом за 2018 г. Элементы разработанной методики использованы при подсчёте запасов УВ в

отложениях вулканогенно-осадочной толщии месторождений Краснoленинского свода (2016-2022 гг.).

Фактический материал и личный вклад автора

В основу работы положены результаты ГИС, ГТИ, ГДИ, ПГИ, испытаний 70 поисково-разведочных и 30 эксплуатационных скважин (общая проходка более 25000 м) Рогожниковского, Высотного, Восточно-Рогожниковского, имени В.И. Шпильмана (Северо-Рогожниковского) месторождений. Материалы петрографо-петрофизических исследований керна (проходка с отбором керна 7500 м, средний вынос 87%, изученных образцов - более 7500) рассмотренных месторождений, выполненные специалистами научно-производственного комплекса петрофизических исследований Тюменского отделения «СургутНИПИнефть».

Сбор, обобщение, комплексный анализ геолого-геофизической информации выполнены лично автором, а также с его непосредственным участием при работе ведущим геофизиком в Тюменском отделении «СургутНИПИнефть» в 2016-2022 гг.

Апробация результатов работы

Основные положения и результаты выполненных исследований обсуждались на научно-практических конференциях нефтегазовой геологии геофизики (г. Тюмень, г. Ханты-Мансийск, г. Нижневартовск 2017, 2018, 2019, 2020, 2022).

Краткая характеристика основного содержания диссертации

Диссертация С.В. Добрыдень состоит из введения, 5 глав и заключения. Объем работы составляет 168 страниц текста, 84 рисунка, 2 таблицы, 2 приложения.

По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 8 статей в ведущих научных журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации

Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования, сформулированы цель и основные задачи работы, дана характеристика степени новизны полученных результатов, приведена их апробация.

В главе 1 «Анализ методик изучения вулканических формаций методами геофизических исследований скважин» приводится обобщение и критический анализ существующих методик геологической интерпретации данных ГИС в разрезах вулканических формаций.

Вулканогенные горные породы (вулканиты) относятся к магматическим образованиям, сформировавшимся в поверхностных или приповерхностных условиях в результате вулканической деятельности. Формирование горных пород вулканических формаций сопровождается образованием первичного пустотного пространства – трещин усадки, пустот дегазации, перлитизации (в лавах), трещин дробления (в лавокластических),

пустот, связанных с неплотной упаковкой обломков (в пирокластических), межобломочных пор.

Анализ современного состояния изученности вулканических формаций показал, что существующие методики геологической интерпретации данных ГИС направлены, в основном, на решение задач петрологического расчленения, выделения коллекторов и определения коэффициента пористости горных пород.

Для целевого объекта (вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода) до исследований автора были не изучены факторы, влияющие на электрические (удельное сопротивление, естественную электрохимическую активность) и радиоактивные свойства (распределение ЕРЭ, естественную радиоактивность) горных пород, что существенно снижает информативность использования ЭК (ЭМК), ПС, ГК, СГК, не рассмотрены способы учёта влияния глинистых и карбонатных минералов на показания методов ГИС, используемых при выделении зон трещиноватости, кавернозности и оценке их пористости, не определены индивидуальные для литотипов граничные значения коэффициента пористости и критические значения коэффициента водонасыщенности горных пород, не предложены способы определения фильтрационных свойств и прогноза эксплуатационных характеристик скважин по данным стандартного комплекса ГИС.

Решение поставленных задач позволило автору повысить достоверность геологической интерпретации данных ГИС и улучшить качество решения производственных задач.

В главе 2 «Геолого-геофизическая характеристика вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода» автором рассматривается сложное геолого-тектоническое строение вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода. Показано неравномерное пространственное распределение петрологических типов горных пород, развитие тектонических дислокаций, вторичных (гидротермально-метасоматических) преобразований. Выявленная неоднородность существенно затрудняет геологическую интерпретацию данных ГИС по определению подсчетных параметров. Это обусловлено:

- непостоянством полиминерального состава твёрдой фазы горных пород;
- сложной структурой пустотного пространства (наличие трещин, каверн, межгранулярных пор, неравномерное распределение пустот по размерам).

Совместное влияние указанных факторов обуславливает существенные вариации петрофизических (фильтрационно-ёмкостных, плотностных, акустических, электрических, радиоактивных, капиллярных и др.) свойств горных пород, приводящие к неоднозначным изменениям геофизических параметров. Таким образом, автор обосновывает *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.

Замечание: На рисунке 2.13 приводится пример планшета по геолого-геофизической характеристике северо-восточного обрамления Красноленинского свода. На планшете наблюдается пропуск интервалов коллекторов в третьем сверху объекте (в подошве) и четвертом (в кровле). Точнее указать невозможно из-за отсутствия отметок глубин на планшете. Автору предлагается объяснить невыделение интервала коллекторов.

В главе 3 «Комплексный анализ результатов петрографических исследований горных пород» автором выполнено обобщение и комплексный анализ результатов петрографо-петрофизических исследований керна. Выделены петрологические типы горных пород, различающиеся по особенностям происхождения (генезиса) и вторичных преобразований. Для петротипов исследованы закономерности изменения петрофизических свойств (фильтрационно-ёмкостных, плотностных, акустических, электрических, радиоактивных, капиллярных) и структуры пустотного пространства. В результате анализа петрографических особенностей горных пород выделено 11 петротипов, различающихся по генезису и вторичным преобразованиям. В вулканогенных горных породах содержания кварца, КПШ закономерно снижаются от кислых разностей (петротипы 1-5) к средним (петротип 9), основным (петротип 10) и ультраосновным (петротип 11). В целом, ФЕС возрастают в ряду: лавы массивной текстуры – осадочные отложения – кора выветривания – преобразованные вулканиты – лавы с пустотами – вулканогенно-осадочные – вулканокластические горные породы. Закономерности изменения плотностных и акустических свойств показывают, что объёмная плотность снижается, а интервальное время продольной волны по породе возрастает с увеличением коэффициента пористости от лав массивной текстуры (петротип 1) к лавам с пустотами (петротип 2) и к вулканокластическим горным породам (петротип 3). Электрические свойства (УЭС, естественная электрохимическая активность)

связаны с вариациями структуры пустотного пространства и типом вторичных преобразований горных пород.

Общая радиоактивность и содержания ЕРЭ (К, U, Th) снижаются в ряду: кислые вулканиты (петротипы 1-5) – вулканогенно-осадочные породы (петротип 6) – средние вулканиты (петротип 9) – осадочные отложения (петротип 8) – вулканиты основного состава (петротипы 10,11). В этом же ряду снижаются содержания кварца и КПШ, увеличивается содержание плагиоклаза. В кислых вулканитах (петротипы 1-5) величина γ и содержание К возрастают в соответствии с изменением типа вторичных процессов от альбитизации, окварцевания, карбонатизации к хлоритизации, развитию смешаннослойных образований, пелитизации-гидрослюдизации и, далее к микроклинизации. В том же направлении убывают отношения Th/K, U/K. Отношение Th/U убывает с увеличением содержания К, что обусловлено положительной связью U с К, а Th с Na. Значения отношений Th/K, U/K могут быть использованы для идентификации типа вторичных преобразований изучаемых горных пород по данным ГИС. *Эти закономерности установлены впервые.*

Выявленные автором зависимости $K_{в*} = f(K_{п})$ и $K_{в**} = f(K_{п})$ представляют собой количественные критерии для определения характера насыщения горных пород-коллекторов изучаемой толщи по данным ГИС. *Критических значения водонасыщенности петротипов получены автором для изучаемых отложений впервые и составляют научную новизну.*

При схожих значениях $K_{п}$, фильтрационные характеристики связаны с распределением пустот по размерам и с соотношением размеров тел пустот и соединяющих их каналов. В горных породах с хорошей гидродинамической связью пустотного пространства значения $K_{пр}$ схожи с высокопроницаемыми песчаниками-коллекторами осадочного чехла. С уменьшением фильтрационных свойств возрастает вероятность возникновения гидродинамических барьеров и совместного нахождения свободной воды и нефти в пустотах сопоставимого размера. *Выявленные закономерности и составили научную новизну автора.*

В главе 4 «Методика геологической интерпретации данных геофизических исследований скважин» приводятся результаты ГИС, ГТИ, ГДИ, ПГИ, испытаний и исследований керна 70 поисково-разведочных и 30 эксплуатационных скважин.

Рассматривается авторская методика выделения литотипов и компонентный состав петрофизической модели коллекторов. Приводится решение системы уравнений с использованием 6 параметров ГИС (Δt_p по АК, W по НК, δ по ГГК-П, γ по ГК, Th/K и U/K по СГК) для $K_{п}$ (флюида) и 6 минеральных компонентов: кварц, КПШ, плагиоклаз, хлорит, гидрослюда-

ССО, карбонатные минералы. В диссертационной работе показана возможность выделения проницаемых интервалов по сопоставлению Δt_s и Δt_{st} с учётом результатов ПГИ и ОПК.

Приточным (по ПГИ) интервалам характерны признаки, отражающие подвижность флюида в пустотном пространстве горных пород: сужение $d_{скв}$; радиальный градиент $r_{п}$ по МКЗ и БК, МБК; изменение показаний НК после закачки меченного вещества; превышение Δt_{st} относительно Δt_s . Количественные критерии наиболее эффективны для трещинно-кавернозно-гранулярных коллекторов (участок Б), для трещинно-каверновых автор привлекает прямые качественные признаки, а также ФКД по данным АКШ. Таким образом, автор оценку пустотного пространства изучаемых отложений выполняет с учётом особенностей минерального состава петротипов.

Рассмотренные способы определения типа пустотного пространства и $K_{птр}$, $K_{пкав}$ соответствуют вулканитам кислого, среднего состава, минеральный состав которых на 85-90% представлен кварцем, КПШ, плагиоклазом. Учёт влияния вторичных минералов на параметры ГИС позволил снизить неопределённость оценки $K_{птр}$, $K_{пкав}$ и впервые для изучаемых отложений усовершенствовать способ определения типа пустотного пространства горных пород, а также способ определения проницаемости $K_{пр}$ по данным стандартного комплекса ГИС, уменьшающий дисперсию связи и учитывающий структуру пустотного пространства горных пород.

Определение коэффициента (водо-) нефтенасыщенности горных пород изучаемой толщи выполнено с использованием зависимости $r_{п}$ (по ГИС) и объёмного водонасыщения ($W_v = K_v \cdot K_{п}$) (по образцам керна с сохранённым насыщением, отобранного по изолирующей технологии). Известно, что такой подход очевидно позволяет существенно повысить достоверность определения коэффициента нефтенасыщенности. В главе 4 автором обосновывается второе защищаемое положение: «Методика геологической интерпретации данных ГИС, учитывающая генезис и вторичные преобразования горных пород вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Красноленинского свода».

В главе 5 «Практическая апробация разработанной методики при прогнозе эксплуатационных характеристик скважин» приводятся результаты опробования разработанной методики определения подсчетных параметров, включая прогноз эксплуатационных характеристик – начальной продуктивности и обводнённости скважин по данным стандартного комплекса ГИС.

Прогнозные значения эксплуатационных характеристик близки к фактическим: фактический (полученный по ГДИ при обработке ИД), коэффициент продуктивности верхнего нефтенасыщенного интервала

составил 1,18, прогнозный – 1,14 м³/(сут·МПа). Фактическое содержание воды в притоке (обводнённость) интервала с двухфазным насыщением – 16%, прогнозное – 19%. Это очень хороший прогноз.

В главе 5 подтверждается *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».*

Замечание. В анализе продуктивности скважин не рассматриваются характеристики качества вскрытия скважины – скин-эффект и др.

Соответствие паспорту специальности 1.6.9 – «Геофизика»

Указанная область исследования соответствуют паспорту специальности 1.6.9. - «Геофизика» (геолого-минералогические науки), а именно:

- пункт 14 - «Математические и численные исследования в теории прямых и обратных задач геофизики (сеймики, 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»;
- пункт 16 – «Методы обработки и интерпретации результатов измерений геофизических полей»;
- пункт 20 – «Интегрированный анализ многомерной, многопараметровой и разнородной информации, включающей геофизические данные»;
- пункт 24 – «Теоретическое и экспериментальное исследование связей петрофизических и физических свойств горных пород с результатами измерения геофизических полей. Цифровая петрофизика, методы определения физических и фациальных характеристик по данным рентгеновской томографии».

Общая оценка диссертационной работы

В целом диссертация С.В. Добрыдень является самостоятельным, законченным исследованием, представляет решение актуальной задачи по

разработке методики геологической интерпретации данных ГИС для определения подсчетных и фильтрационных параметров, позволяющей на примере вулканогенно-осадочной толщи северо-восточного обрамления Краснотенинского свода повысить достоверность оценок и прогнозов проницаемости.

Работа отвечает требованиям актуальности и научной новизны.

Достоверность результатов научного исследования, полученных соискателем, не вызывает сомнений. Основные положения и выводы обоснованы результатами практических исследований.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, а публикации автора отражают все положения, содержащиеся в работе.

Представленная к защите работа соответствует требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Добрыдень Станислав Викторович, достойна присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9. «Геофизика».

Официальный оппонент: Поляков Евгений Евгеньевич - главный научный сотрудник Лаборатории научно-методического сопровождения подсчета запасов, Центра геологического сопровождения разработки месторождений Европейской части и Западной Сибири ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Почтовый адрес: 142717, Московская область, г.о. Ленинский, п. Развилка, ул. Газовиков, зд. 15, стр. 1.

Телефон: +7 916-590-07-45

E-mail: e_polyakov@vniigaz.gazprom.ru

Доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых


Е.Е. Поляков

Я, Поляков Евгений Евгеньевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

« 26 » 04 2023 г.

| | | |
|--|----------------------------------|--|
| Верно <i>Е.Е. Поляков</i> (должность) | <i>Е.Е. Поляков</i> (подпись) | <i>Е.Е. Поляков</i> (расшифровка подписи) |
| " 26 " 04 " 20 23 г. | | |

