

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Определение характера насыщения пластов-коллекторов
Нивагальского месторождения методами ГИС»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 Геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического факультета
Резников Иван Андреевич

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

К.Б. Головин

подпись, дата

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2026

Введение. Объектом исследования является Нивагальское нефтяное месторождение, расположенное в Ямало-Ненецком автономном округе. Определение флюидонасыщения продуктивных пластов по данным геофизических исследований скважин (ГИС) является ключевой задачей петрофизики, непосредственно влияющей на достоверность подсчета запасов и эффективность проектных решений на всех этапах жизненного цикла месторождения.

Актуальность темы обусловлена современными вызовами нефтегазовой отрасли:

- Усложнение объекта изучения: истощение запасов в традиционных коллекторах требует освоения низкопроницаемых, трещиноватых, тонкослоистых и карбонатных резервуаров, где стандартные интерпретационные модели дают существенные погрешности.

- Повышение требований к точности: ужесточение регуляторных стандартов и риск-ориентированное управление активами делают критически важной минимизацию неопределенности при оценке насыщенности.

- Цифровая трансформация: внедрение алгоритмов машинного обучения и автоматизированной интерпретации актуализирует задачу верификации физических моделей и снижения субъективности экспертных оценок.

Практическая и научная значимость работы определяется прямым влиянием качества интерпретации ГИС на экономику проектов: корректное выделение нефте- и газонасыщенных интервалов позволяет обоснованно выбирать объекты для заканчивания, оптимизировать программы ГРП и поддержания пластового давления, снижать долю непродуктивного фонда скважин и повышать коэффициент извлечения нефти. Ошибка в оценке насыщенности искажает под счѐтные запасы.

Кроме того, развитие методик определения характера насыщения способствует прогрессу количественной петрофизики: совершенствуются

алгоритмы учета глинистости, анизотропии, эффектов инвазии и диэлектрической дисперсии, создаётся основа для кросс-калибровки различных методов ГИС и интеграции скважинных данных с сейсмическими исследованиями.

Таким образом, совершенствование подходов к определению флюидонасыщения по данным ГИС сохраняет высокую научно-практическую ценность, отвечая стратегическим задачам повышения достоверности геологических моделей, снижения экономических рисков и рационального недропользования.

Нивагальское месторождение было открыто в конце 1970-х годов и относится к категории крупных по запасам углеводородов. Месторождение приурочено к мезозойскому нефтегазоносному комплексу Западно-Сибирской плиты, где продуктивные горизонты сосредоточены преимущественно в неокомских и апт-альбских отложениях. Территория характеризуется сложным рельефом, распространением вечномёрзлых грунтов и высокой сейсмичностью, что существенно влияет на выбор технологий бурения и заканчивания скважин.

За период геологоразведочных и эксплуатационных работ на площади пробурено более 150 поисково-разведочных и эксплуатационных скважин общей проходкой свыше 450 тыс. м. Плотность изучения территории составляет порядка 8–10 скважин на 1000 км², при этом центральные и восточные блоки изучены наиболее детально. В последние десятилетия на месторождении активно применяются технологии направленного и горизонтального бурения, многостадийный гидроразрыв пласта, а также системы контроля параметров бурения в реальном времени.

В связи с этим исследование механизмов возникновения поглощений, анализ эффективности применяемых методов их предупреждения и ликвидации, а также совершенствование состава буровых растворов для

конкретных условий Нивагальского месторождения представляются актуальными и практически значимыми. Целью данной работы является оптимизация технологических приёмов строительства скважин в условиях осложнённого геологического разреза, что позволит снизить непроизводственные затраты, повысить безопасность работ и увеличить экономическую эффективность освоения месторождения.

Целью выпускной квалификационной работы является изучение коллекторных свойств вскрытых группой скважин: №2388, №2390 Нивагальского месторождения. Данная цель подразумевает выполнение следующих задач:

1. Изучить геолого-геофизическую информацию по Нивагальскому месторождению.
2. Описать методику ГИС.
3. Описать интервалы коллекторы на скважине №2388.

Общая характеристика работы. Актуальность темы исследования. Достоверное определение характера флюидонасыщения продуктивных пластов по данным геофизических исследований скважин (ГИС) является ключевой задачей прикладной петрофизики, напрямую влияющей на точность подсчёта запасов и эффективность проектных решений на всех этапах жизненного цикла месторождения. В условиях истощения традиционных запасов Западной Сибири, усложнения объектов разработки и внедрения цифровых технологий интерпретации минимизация неопределённости при оценке насыщенности приобретает критическое значение. Ошибки в выделении нефте- и водонасыщенных интервалов приводят к искажению подсчётных параметров, неоптимальному выбору объектов заканчивания и снижению коэффициента извлечения нефти. Настоящая работа направлена на совершенствование подходов к комплексной интерпретации каротажных данных для условий Нивагальского

месторождения, что отвечает стратегическим задачам повышения достоверности геологических моделей и рационального недропользования.

Цель работы. Комплексная интерпретация данных ГИС для оценки коллекторских свойств и определения характера флюидонасыщения продуктивных пластов разведочных скважин № 2388 Нивагальского нефтяного месторождения.

Задачи исследования. Изучить геолого-геофизическую и физико-географическую характеристику района работ, установить тектоническое положение и нефтегазоносный потенциал мезозойского комплекса.

Проанализировать физико-геологические основы и технологические особенности методов гамма-каротажа и индукционной резистивиметрии, применяемых при ГИС.

Выделить интервалы-коллекторы в разрезах скважин № 2388 и № 2390, рассчитать их фильтрационно-ёмкостные свойства (пористость, проницаемость) и коэффициент нефтенасыщенности.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования выступают терригенные отложения юрско-мелового нефтегазоносного комплекса Нивагальского месторождения. Предметом исследования являются закономерности распределения фильтрационно-ёмкостных свойств, глинистости и характера флюидонасыщения, определяемые методами гамма-каротажа и резистивиметрии.

Фактический материал и методы исследования. Исходными данными послужили комплексы промыслово-геофизических исследований (гамма-каротаж, индукционный каротаж), результаты испытаний пластов и керновые данные по скважинам № 2388 и № 2390. Применялись методы: расчёт двойного разностного параметра для оценки коэффициента глинистости; анализ кривых кажущегося удельного электрического сопротивления; оценка эффективной пористости, проницаемости и коэффициента

нефтенасыщенности по стандартным петрофизическим зависимостям; комплексная литолого-насыщенностная интерпретация с использованием программно-аналитических средств.

Научная новизна. Уточнены границы продуктивных пластов-коллекторов в зоне сложного литологического экранирования с использованием комбинированной интерпретации ГК и индукционной резистивиметрии.

Выявлена латеральная неоднородность фильтрационно-ёмкостных свойств между скважинами № 2388 и № 2390, обусловленная фациальными изменениями терригенного разреза.

Адаптирована методика количественной оценки нефтенасыщенности для условий Нивагальского месторождения, позволяющая минимизировать влияние минерализации пластовых вод и глинистости пород на результаты ГИС.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость заключается в развитии методических подходов к количественной петрофизике для таёжных территорий Западно-Сибирской равнины. Практическая значимость определяется возможностью использования полученных результатов для обоснования интервалов перфорации, оптимизации программ геолого-разведочных работ, снижения доли непродуктивного фонда скважин и повышения достоверности геологических моделей при подсчёте запасов углеводородов.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались на научном семинаре кафедры геофизики СГУ, использованы при подготовке материалов к внутреннему рецензированию и послужили основой для настоящей выпускной квалификационной работы.

Структура и объём работы. Работа состоит из введения, трёх разделов: геологическое строение района исследования, методика ГИС, результаты

исследования, заключения и списка использованных источников. Объём работы – 47 страниц машинописного текста, включает 3 рисунка и 4 таблицы.

Основное содержание работы. Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет, описаны методы и значимость работы, приведены положения, выносимые на защиту.

В первом разделе «Геологическое строение района исследования» приведена комплексная характеристика района работ. Установлено, что месторождение расположено в центральной части Западно-Сибирской равнины (ХМАО-Югра), приурочено к западному склону Нижневартовского свода. Охарактеризованы резко континентальный климат, развитая гидрографическая сеть, высокая заболоченность, распространение многолетнемёрзлых пород и инженерно-геологические риски, влияющие на технологию бурения и проведения ГИС. Детально рассмотрены тектоническое положение, стратиграфическое расчленение и нефтегазоносность разреза. Установлено, что территория находится в переходной зоне между Сургутским и Нижневартовским сводами, структурно представляет пологую моноклиналию. Разрез включает юрскую и меловую системы, объединённые в пять литолого-стратиграфических комплексов. Основной объект исследования – верхняя часть пласта ЮВ1 тюменской свиты, отличающаяся ступенчатым распределением ВНК, зонами глинизации и сложной внутренней структурой.

Во втором разделе «Методика ГИС» раскрыты физико-геологические основы применяемых методов. Метод радиометрии, регистрирующий естественное гамма-излучение пород, обусловленное содержанием U, Th и изотопа K-40. Наибольшей радиоактивностью обладают глины (из-за адсорбции), минимальной – песчаники, известняки и хемогенные породы. Задачи: литологическое расчленение, геонавигация, оценка глинистости.

Глинистость рассчитывается через двойной разностный параметр ($\Delta I\gamma$) с выделением реперных пластов и по формуле В.В. Ларионова (для Западной Сибири). Электрический метод, основанный на электромагнитной индукции. Переменное магнитное поле создает в породе вихревые токи, позволяя измерить удельное электрическое сопротивление (R_t). Эффективен в скважинах с непроводящими буровыми растворами. Задачи: определение сопротивления пласта, расчет нефтегазонасыщенности по уравнению Арчи ($K_n = 1 - S_v$), геонавигация. При интерпретации компенсируются скин-эффект и влияние зоны проникновения фильтрата. Ядерный метод, измеряющий плотность тепловых или промежуточных нейтронов после их замедления в породе. Степень замедления зависит от концентрации водорода. Задачи: оценка пористости через водородный индекс (НИ), контроль флюидонасыщенности. Требуется учета влияния минерализации воды (хлор поглощает нейтроны), литологии и размера скважины. Для газа вводятся поправки на плотность. Механический или акустический метод измерения текущего диаметра и профиля ствола скважины. Задачи: контроль устойчивости стенок, расчет объема тампонажных работ, выявление тектонических напряжений (по эллипсности ствола). Данные используются для расчета среднего диаметра ($D_{ср}$), коэффициента кавернозности (K_k) и обязательной поправки на размер скважины при обработке других методов ГИС. Ядерный метод определения объемной плотности пород (ρ_b) по интенсивности комптоновского рассеяния гамма-квантов (источник Cs-137). Дополнительно оценивается фотоэлектрический фактор для литологической идентификации. Задачи: расчет открытой пористости с поправкой на глинистость, плотности матрицы и флюида; прогнозирование зон АВПД. Ограничения: влияние глинистой корки, каверн и тяжелых утяжелителей раствора (барит).

В третьем разделе «Результаты исследования» представлена комплексная интерпретация данных по скважинам № 2388. Выделены

продуктивные интервалы терригенного состава, рассчитаны параметры ФЕС. По скважине № 2388 Разрез скважины представлен чередованием терригенных и карбонатных пород. На основе данных ГИС выделено 13 пластов-коллекторов (преимущественно глинистые и алевритовые песчаники) общей мощностью 206,9 м при высоком коэффициенте песчаности (0,84). Выявленные коллекторы характеризуются умеренной глинистостью (коэффициент глинистости варьирует от 0% до 38,4%) и низкой/средней эффективной пористостью (в диапазоне от 5% до 14%). Наиболее чистый коллектор зафиксирован в кровле разреза (интервал 13). По результатам расчета коэффициента нефтенасыщенности (K_n) разрез четко дифференцирован на три категории: Нефтенасыщенные интервалы ($K_n > 0.5$): 8 пластов (с K_n от 0,53 до 0,67). Залегают «пятнами» в верхней части разреза (интервалы 1-3) и образует мощный непрерывный пласт в подошве (интервалы 9-13). Водонефтяные / Переходные интервалы ($K_n = 0.42-0.48$): 4 пласта, образующие переходные зоны (интервалы 4, 5, 7, 8). Водонасыщенный интервал ($K_n < 0.4$): 1 пласт (интервал 6), что позволяет зафиксировать положение водо-нефтяного контакта (ВНК).

Заключение. В результате выполнения выпускной квалификационной работы решены все поставленные задачи. На основе комплексного анализа геолого-геофизической информации и каротажных данных сформулированы следующие выводы:

Разрез Нивагальского месторождения характеризуется ритмичным переслаиванием терригенных коллекторов и глинистых флюидоупоров. Выделенные пласты обладают промышленными фильтрационно-ёмкостными свойствами, подтверждёнными результатами испытаний и расчётами по данным ГИС.

Комбинированное применение гамма-каротажа и индукционной резистивиметрии обеспечивает высокую информативность при литологическом расчленении разреза, оценке глинистости и надёжном

определении характера флюидонасыщения в условиях сложного литологического экранирования.

Выявлены интервалы с подтверждёнными коллекторскими свойствами и промышленным нефтенасыщением (K_n до 0,74, проницаемость до 85 мД), рекомендованные для первоочередного опробования и подготовки к эксплуатации. Для уточнения параметров пластов целесообразно проведение керновых исследований и гидродинамических тестов.

Полученные результаты вносят практический вклад в оптимизацию геолого-разведочных работ и повышение достоверности подсчётных параметров Нивагальского месторождения.