

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

Кафедра геофизики

**Литолого-петрофизическая характеристика терригенного пласта
ванденской свиты БВ-7 по данным ГИС на Южно-Выинтойском
месторождении**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 532 группы
направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Геолого-геофизический сервис»
геологического факультета
Молчанова Даниила Владимировича

Научный руководитель
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Волкова Е. Н.

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Волкова Е. Н.

Саратов 2026

Введение. Нефтяная промышленность Западной Сибири на протяжении нескольких десятилетий остаётся основой топливно-энергетического комплекса Российской Федерации. Ханты-Мансийский автономный округ — Югра занимает ведущее место в структуре российской нефтедобычи, обеспечивая свыше половины общего объёма добычи углеводородного сырья в стране. Вместе с тем крупные, легко разведываемые месторождения региона вступили в позднюю стадию разработки, характеризующуюся нарастающей обводнённостью продукции, снижением дебитов скважин и усложнением геологических условий доизучения залежей. В этих условиях особую научную и практическую значимость приобретает детальное изучение строения продуктивных горизонтов на месторождениях, находящихся в разработке, в том числе с привлечением актуальных данных геофизических исследований скважин. По данным ГИС проводится литологическое расчленение разреза, выделяются пласты-коллекторы, определяются их фильтрационно-ёмкостные свойства — пористость, проницаемость и водонасыщенность, — а также оценивается характер насыщения продуктивных горизонтов. Достоверность и детальность интерпретации данных ГИС напрямую определяет качество геологических моделей, точность подсчёта запасов и обоснованность проектных решений по разработке залежей.

Южно-Выинтойское нефтяное месторождение расположено в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа — Югры и относится к месторождениям со сложным геологическим строением. Продуктивность связана с отложениями васюганской свиты, ачимовской толщи и ванденской свиты. Основными объектами изучения являются пласты ЮВ₁¹⁻¹, Ач₂, БВ 7-2 и БВ 7-3/4, отличающиеся литологической изменчивостью и неоднородностью фильтрационно-ёмкостных свойств.

Актуальность работы обусловлена необходимостью уточнения геологической модели Южно-Выинтойского месторождения на основе современных данных ГИС для повышения эффективности разработки,

корректного учёта запасов нефти и обоснования дальнейшего размещения фонда скважин.

Объектом исследования является Южно-Выинтойское нефтяное месторождение.

Предмет исследования — петрофизические характеристики и геофизические признаки продуктивных пластов-коллекторов васюганской свиты, ачимовской толщи и ванденской свиты в разрезе скважин Южно-Выинтойского месторождения.

Целью бакалаврской работы является изучение литолого-петрофизической характеристики терригенного пласта ванденской свиты БВ-7 по данным ГИС на Южно-Выинтойском месторождении. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучить геологическое и тектоническое строение района работ;
- рассмотреть применяемый комплекс методов ГИС
- описать методику интерпретации данных ГИС для определения пористости, водонасыщенности и проницаемости коллекторов с привлечением петрофизических зависимостей, установленных по керновым данным;
- определить характер насыщения по скважинам месторождения;
- определить коэффициенты пористости, водонасыщенности и проницаемости продуктивного пласта ванденской свиты (БВ 7-3/4) и дать оценку их коллекторского потенциала.

В работе использованы результаты интерпретации комплекса ГИС по скважинам Южно-Выинтойского месторождения, данные испытания пластов, материалы лабораторного анализа керна, а также фондовые и опубликованные сведения по геологии и разработке месторождения.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы при уточнении геологической модели Южно-Выинтойского месторождения, пересчёте запасов нефти и

обосновании мероприятий по повышению эффективности разработки продуктивных горизонтов.

Структура и объем работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трёх разделов: «Краткая геологическая характеристика района работ», «Методика геофизических исследований скважин», «Результаты исследования», заключения, списка литературы и приложений.

Основное содержание работы. Первый раздел «Краткая геологическая характеристика района работ».

Первый раздел «Краткая геологическая характеристика района работ». Южно-Выинтойское нефтяное месторождение расположено в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, в центральной части Западно-Сибирской низменности, как показано на рисунке 1. Район представляет собой слаборасчленённую заболоченную равнину с резко континентальным климатом, продолжительной зимой, коротким летом и широким распространением сезонно- и многолетнемёрзлых пород.

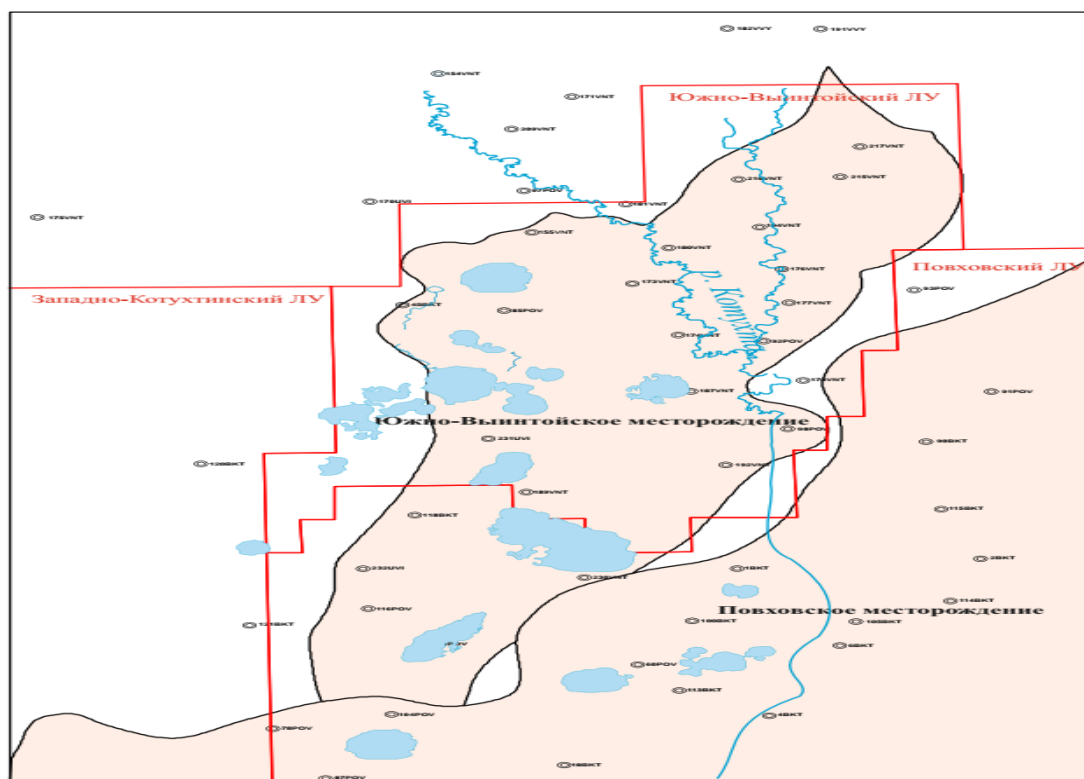


Рисунок 1 — Обзорная карта района работ [2]

Геолого-геофизическое изучение района началось с региональных съёмок Среднего Приобья в середине XX века. Детальные

сейсморазведочные работы на Южно-Выинтойской площади проводились с 1970-х годов, а скважиной-первооткрывательницей считается разведочная скважина №85Р, пробуренная в 1978 году. В самостоятельное месторождение Южно-Выинтойское было выделено в 1990 году, промышленная разработка ведётся с 1997 года.

Геологический разрез месторождения представлен терригенными отложениями мезокайнозойского осадочного чехла, перекрывающими палеозойский фундамент. Основное значение для данной работы имеют продуктивные горизонты васюганской, мегионской и ванденской свит. Продуктивный пласт ЮВ₁⁻¹ связан с верхней частью васюганской свиты, пласт Ач₂ — с ачимовской толщей мегионской свиты, а пласты группы БВ₇ — с нижней частью ванденской свиты. Коллекторы представлены преимущественно песчаниками и алевrolитами, которые характеризуются линзовидным распространением, литологической изменчивостью и неоднородностью фильтрационно-ёмкостных свойств.

В тектоническом отношении Южно-Выинтойское месторождение приурочено к северо-западной части Западно-Котухтинской моноклинали и частично к Выинтойскому прогибу, осложняющим Северо-Вартовскую мегатеррасу. На месторождении выделяются Северо-Котухтинское, Южно-Котухтинское и Больше-Котухтинское поднятия, прослеживающиеся по основным отражающим горизонтам.

В нефтегазоносном отношении месторождение относится к Вартовскому нефтегазоносному району Среднеобской нефтегазоносной области. По результатам опробования скважин и промыслово-геофизических исследований установлено шесть продуктивных нефтяных пластов: БВ₇⁻¹, БВ₇⁻², БВ_{7/3}⁻⁴, БВ₇^{-4н}, Ач₂ и ЮВ₁⁻¹. Основным объектом разработки является горизонт БВ₇, имеющий клиноформное строение. Пласт Ач₂ связан с линзовидными песчаными телами ачимовской толщи, а пласт ЮВ₁⁻¹ перекрывается глинистой толщей георгиевской и баженовской свит. Месторождение относится ко II группе сложности, что связано с

литологическими замещениями коллекторов, выклиниванием пластов, изменчивостью толщин и неоднородностью коллекторских свойств.

Второй раздел «Методика геофизических исследований скважин».

В разделе рассмотрен комплекс методов ГИС, применяемый для изучения терригенного разреза Южно-Винтойского месторождения. Основными задачами интерпретации являлись выделение пластов-коллекторов, определение пористости, глинистости, водонасыщенности, нефтенасыщенности и проницаемости продуктивных интервалов.

Для решения этих задач использовался комплекс методов, включающий потенциалы самопроизвольной поляризации, боковое каротажное зондирование, нейтронный каротаж, гамма-каротаж, микрокаротажное зондирование и кавернометрию. Метод ПС применялся для выделения проницаемых интервалов и оценки глинистости, БКЗ — для определения истинного удельного сопротивления пласта, НКТ — для расчёта пористости, ГК — для литологического расчленения разреза и уточнения глинистости пород. МКЗ и кавернометрия использовались как качественные признаки коллекторов.

Отдельное внимание уделено влиянию геолого-технических условий на достоверность интерпретации. При бурении на глинистом растворе в проницаемых пластах формируется зона проникновения фильтрата, а на стенке скважины образуется глинистая корка, фиксируемая по данным кавернометрии. Минерализация фильтрата бурового раствора и пластовой воды также влияет на характер аномалий ПС и показания электрических методов.

Выделение коллекторов выполнялось по совокупности прямых и косвенных признаков: отрицательным аномалиям ПС, сужению диаметра скважины по кавернометрии, положительным приращениям на диаграммах МКЗ и значениям геофизических параметров, превышающим установленные граничные критерии. Эффективная толщина определялась как суммарная

мощность проницаемых прослоев в пределах продуктивного пласта за вычетом глинистых, плотных и углистых интервалов.

Фильтрационно-ёмкостные свойства коллекторов определялись на основе петрофизических зависимостей, откалиброванных по керновым данным. Пористость рассчитывалась преимущественно по данным нейтронного каротажа, водонасыщенность — по уравнению Арчи–Дахнова с использованием сопротивления пласта и пластовой воды, нефтенасыщенность — как дополнение водонасыщенности до единицы. Проницаемость оценивалась косвенно по эмпирическим зависимостям от пористости и других петрофизических параметров.

Применение комплекса ПС, ГК, НКТ, БКЗ, МКЗ и кавернометрии позволило обоснованно выделить пласты-коллекторы Южно-Выинтойского месторождения, определить их эффективные толщины и рассчитать основные фильтрационно-ёмкостные характеристики для дальнейшего анализа продуктивности горизонтов.

Третий раздел «Результаты исследования». В третьем разделе представлены результаты обработки и интерпретации материалов геофизических исследований скважин Южно-Выинтойского месторождения. Для анализа использованы данные по 5 разведочным скважинам, представленные в цифровом виде. Проведенные геофизические исследования включали общие, детальные и специальные комплексы ГИС.

Методами ГИС определены толщины пластов-коллекторов, пористость, проницаемость и водонасыщенность. А также определен характер насыщения (нефть) в пласте ванденской свиты БВ 7-3/4. Общие исследования выполнялись по всему разрезу скважин в масштабе 1:500, а детальные — в продуктивных интервалах в масштабе 1:200. В состав комплекса входили стандартный каротаж, ПС, БКЗ, МКЗ, БК, БМК, ИК, ГК, НГК, НКТ, ГГКП, АК, кавернометрия, профилометрия, резистивиметрия и инклинометрия.

При анализе исходных материалов отмечено, что качество отдельных методов неодинаково. Наиболее существенные ограничения связаны с неполным объёмом и невысоким качеством записей АК и ГГКП, что не позволило использовать их как основные методы определения пористости. Кроме того, в материалах Регионального банка данных отсутствовали полные сведения о метрологическом обеспечении части аппаратуры, что осложняло количественную интерпретацию. В отдельных скважинах низкое качество данных МК и кавернометрии затрудняло определение границ тонких проницаемых интервалов, особенно в ачимовских и юрских отложениях.

Выделение коллекторов выполнялось по совокупности прямых качественных и косвенных количественных признаков. К основным признакам проницаемых интервалов отнесены отрицательные аномалии ПС, положительные приращения микрозондов, уменьшение диаметра скважины по данным кавернометрии, наличие зоны проникновения фильтрата бурового раствора и превышение сопротивления микробокового каротажа над боковым каротажем. При слабой выраженности прямых признаков использовались граничные значения геофизических параметров, отражающих различие коллекторов и неколлекторов по пористости, проницаемости и глинистости. Примеры выделения коллекторов по данным ГК, КС и комплексной диаграмме ГИС показаны на рисунках 2 и 3.

№ 102Р, 116Р, 232Р, 118Р, 189Р. Данные скважины охватывают продуктивный объект месторождения: пласт БВ-7, что обеспечивает представительность петрофизической выборки и позволяет строить корреляционные зависимости.

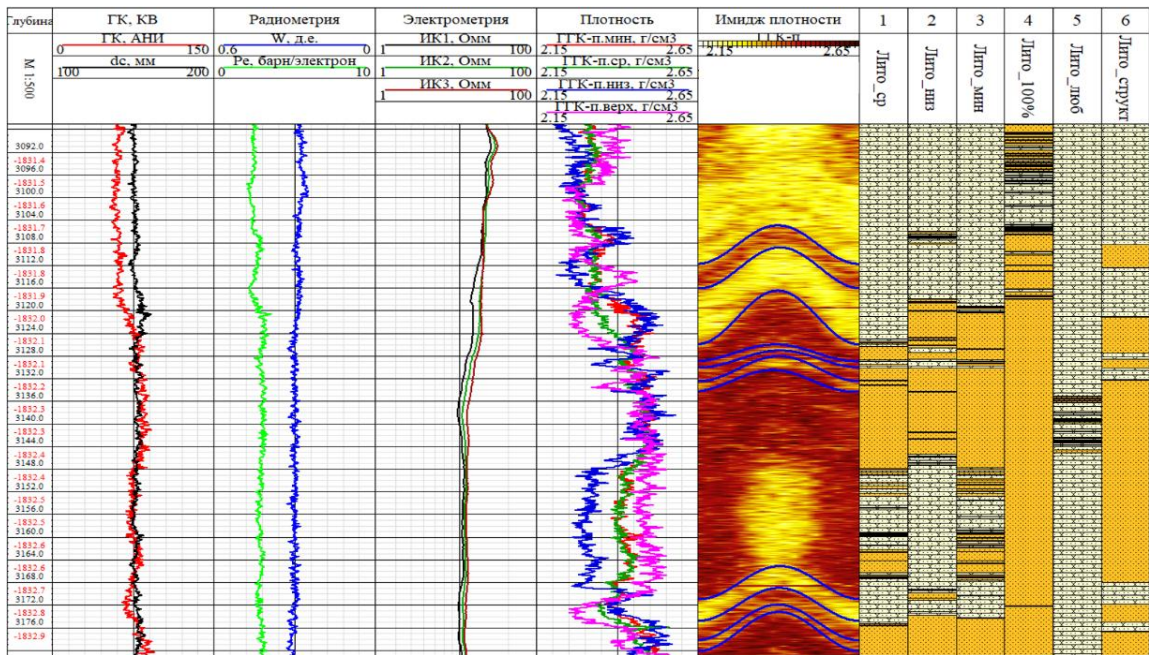


Рисунок 2 - Выделение пластов-коллекторов по данным ГИС

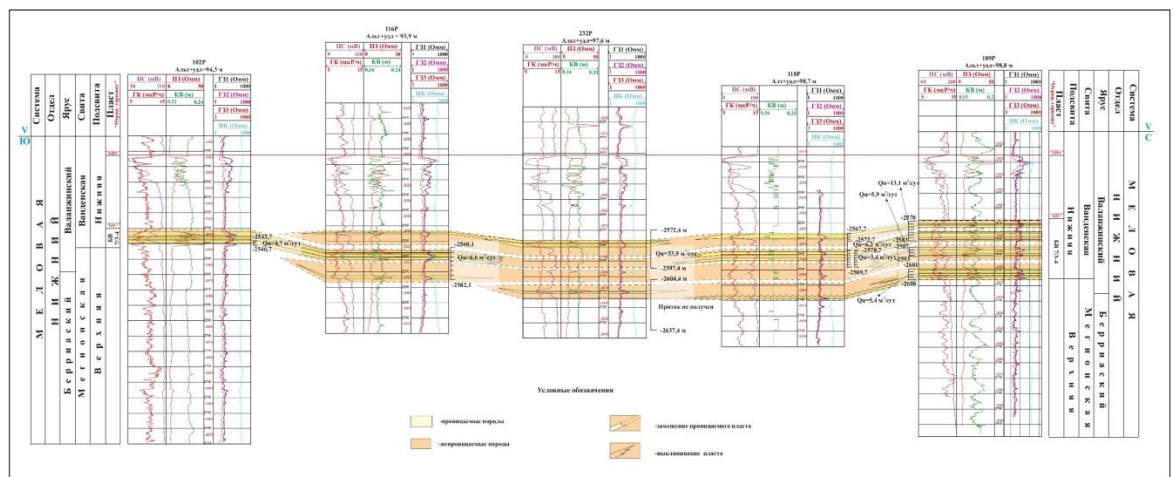


Рисунок 3 - Схема корреляции пласта БВ7/3-4 по линии скважин 102P, 116P, 232P, 118P, 189P

При определении коэффициента пористости в качестве основного геофизического параметра использована относительная величина $\alpha_{ПС}$ – отношение скорректированного потенциала самопроизвольной поляризации ($U_{ПС}^{кор}$) к статической амплитуде E_s :

$$\alpha_{ПС} = U_{ПС}^{кор} / E_s \quad E_s = K_{СП} \cdot \lg \rho_f / \rho_v \quad K_{СП} = 65,7 + 0,24 T_c.$$

Коррекция $U_{ПС}$ за влияние мощности пласта и диаметра скважины является обязательной; её отсутствие приводит к систематическому занижению расчётного $K_{п}$.

Петрофизическая база. Зависимости $\alpha_{ПС}=f(K_{п})$ построены отдельно для каждого продуктивного горизонта по керновым определениям, усреднённым на интервал интерпретации. Для каждой скважины с представительным керном и качественной записью ПС вычислялась пара значений $K_{п}$; $\alpha_{ПС}$. Параметры регрессионных уравнений определялись методом наименьших квадратов.

Результат для пласта БВ-7:

$$K_{п}=21,4+6\ln\alpha_{ПС}$$

Полученное уравнение позволяет по измеренному $\alpha_{ПС}$ вычислять пористость коллекторов пласта БВ-7 в любом интервале скважины, где выполнены замеры ПС.

Расчёт коэффициента водонасыщенности $K_{в}$ выполнен с использованием петрофизических зависимостей: параметра пористости $P_{п}=f(K_{п})$ и параметра насыщения $P_{н}=f(K_{в})$.

Использовано обобщённое уравнение, связывающее удельное электрическое сопротивление пласта $\rho_{п}$ с его ёмкостными и насыщающими свойствами:

$$K_{в}=\frac{n \sqrt{a+b_{в}}}{K_{тп,рп}}$$

где a , t , n – эмпирические коэффициенты, определяемые по керну.

Ключевым параметром является удельное сопротивление пластовой воды $\rho_{в}$. Оно оценено через минерализацию с учётом пластовой температуры.

Результат для пласта БВ-7. По данным испытаний скважин №173Р и №192Р получена пластовая вода с минерализацией 24,4–24,5 г/л, что при температуре 80°С составляет $\rho_{в}=0,11\text{Ом}\cdot\text{м}$. Для дополнительного контроля привлечены данные по Повховскому месторождению, где максимальная минерализация 35,3 г/л соответствует $\rho_{в}=0,08\text{ Ом}\cdot\text{м}$. Эта альтернативная оценка использована для проверки устойчивости результатов.

Проницаемость не имеет прямого геофизического аналога и определяется исключительно по петрофизическим связям, установленным на

керне. Показано, что при близкой пористости абсолютная проницаемость может варьировать в широких пределах из-за присутствия глинистого материала в поровом пространстве. Объём глинистых минералов количественно характеризуется коэффициентом остаточной водонасыщенности $K_{ов}$.

Для учёта этого влияния в качестве комплексного параметра использовано отношение $K_{п}/K_{ов}$. Чем выше это отношение, тем ниже относительное содержание связанной воды и тем более «открытое» поровое пространство формирует проницаемую матрицу.

Зависимость проницаемости построена в виде:

$$K_{пр}=f\left(\frac{K_{п}}{K_{ов}}\right)$$

Использование отношения $K_{п}/K_{ов}$ существенно снижает разброс экспериментальных точек относительно линии регрессии по сравнению с простой зависимостью $K_{пр}=f(K_{п})$, что подтверждает физическую обоснованность такого подхода для коллекторов Южно-Выинтойского месторождения.

Погрешность определения пористости по методу ПС не превышает 3% для пласта БВ-7, что находится в допустимых пределах для целей подсчёта запасов.

Схема корреляции пластов по скважинам Южно-Выинтойского месторождения, иллюстрирующие пространственную выдержанность выделенных коллекторов и результаты их корреляции между скважинами, представлены в приложении Б.

Заключение. В выпускной квалификационной работе изучена литолого-петрофизическая характеристика терригенного пласта ванденской свиты БВ-7 по данным ГИС на Южно-Выинтойском месторождении. Установлено, что продуктивность месторождения связана с терригенными отложениями мезозойско-кайнозойского возраста, основными объектами которых являются пласт БВ-7. Для его изучения обоснован комплекс методов ГИС,

включающий электрометрию, радиоактивный каротаж, акустический каротаж и кавернометрию.

В ходе интерпретации, определены эффективные толщины пластов-коллекторов, пористость, водонасыщенность, нефтенасыщенность и проницаемость.

Коэффициент водонасыщенности определялся с использованием уравнения Арчи — Дахнова с учётом петрофизических характеристик каждого продуктивного горизонта. Проницаемость рассчитывалась по зависимостям, связывающим её с пористостью и остаточной водонасыщенностью.

Полученные результаты интерпретации являются основой для подсчёта запасов углеводородов Южно-Выинтойского месторождения.