МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

«Оценка характера насыщения терригенного пласта Ач6 в процессе бурения на примере скважины №4260 месторождения им.А.Усольцева»

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 403 группы

направления 05.03.01 «Геология»

профиль подготовки «Нефтегазовая геофизика»

геологический факультет

Медведева Ильи Юрьевича

Научный руководитель:

к. г.-м. н., доцент _____ М.В.Калинникова

Зав. кафедрой

геофизики:

к. г.-м. н., доцент _____ Е. Н. Волкова

Саратов 2026

Введение. **Актуальность работы:** в настоящей работе представлены результаты комплексной интерпретации данных геолого-технологических исследований (ГТИ) с целью оперативного выделения продуктивных интервалов и оценки характера их насыщения в процессе бурения. На современном этапе освоения Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна фокус разработки смещается на трудноизвлекаемые запасы, приуроченные к низкопроницаемым терригенным комплексам, в частности к отложениям ачимовской толщи. Для них характерны линзовидное строение и резкая латеральная изменчивость фильтрационно-ёмкостных свойств. В таких условиях стандартные комплексы геофизических исследований, выполняемые после окончания бурения, часто не обеспечивают необходимой оперативности. Это обуславливает возрастающую роль ГТИ, позволяющих в режиме реального времени отслеживать реакцию параметров углубления на смену литологии. Однако корректная интерпретация показаний в условиях наклонно-направленного бурения осложняется технологическими помехами и наличием ложных геохимических аномалий (например, в битуминозных покрышках или подошвах). Разработка и обоснование методики комплексирования механического каротажа, расходометрии, газового каротажа (с применением алгоритмов ОПУС и X-Log) и люминесцентно-битуминологического анализа (ЛБА) имеет важное практическое значение для минимизации геологических рисков и оптимизации конструкции заканчивания скважин.

Цель работы: Оценка характера его насыщения в процессе бурения наклонно-направленной скважины № 4260 на основе комплексной интерпретации данных геолого-технологических исследований.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

-Изучить геолого-геофизическую характеристику района работ и особенности строения ачимовской толщи на месторождении им. А. Усольцева.

-Описать методики применения механического каротажа, расходометрии, газового каротажа (методы ОПУС и X-Log) и люминесцентно-битуминологического анализа шлама.

-Проанализировать динамику технологических параметров и компонентного состава газов (С3–С5) в интервале 3036–3237 м скважины № 4260.

-Выполнить расчеты коэффициентов ОПУС и X-Log по 76 точкам опробования и провести верификацию результатов данными ЛБА.

-Обосновать границы вскрытия пласта-коллектора, выявить его внутреннюю флюидальную неоднородность и исключить ложные геохимические аномалии в перекрывающих и подстилающих породах.

Фактический материал. В ходе работы были проанализированы данные геолого-технологических исследований наклонно-направленной скважины № 4260 месторождения им. А. Усольцева. Исследования охватывали интервал 3036–3237 м. Были обработаны данные механического каротажа, расходометрии, хроматографического анализа газов (76 точек с шагом 5 метров в покрыше и 2 метра в пласте-коллекторе) и результаты ЛБА шлама.

Выпускная квалификационная работа содержит в себе введение, четыре раздела, заключение, список использованных источников, приложения.

Основное содержание работы. Первый раздел «Геолого-геофизическая характеристика района исследований» включает четыре подраздела, в которых последовательно рассматриваются физико-географические условия, тектоническое строение, стратиграфия и история геологического развития территории Сургутского свода. В подразделе 1.1 охарактеризовано географическое положение месторождения им. А. Усольцева (бывшее Имилорское), климатические и инфраструктурные особенности, влияющие на технологию бурения и логистику геологического обеспечения. Подраздел 1.2

посвящён детальному анализу геотектонического положения объекта: месторождение приурочено к Имилорскому прогибу, сопряжённому с зоной аномального разреза, что предопределяет сложную блоковую структуру и наличие локальных трещиноватых зон, влияющих на проницаемость покрышек. В подразделе 1.3 представлена литолого-стратиграфическая характеристика разреза с акцентом на мезозойские отложения. Детально описаны породы кайнозоя, палеогена, мела, юры и триаса. Особое внимание уделено целевому пласту Ач6 (титон–берриас/валанжин), представленному переслаиванием мелкозернистых кварцевых песчаников, алевролитов и аргиллитов. Подраздел 1.4 излагает историю геологического развития территории, показывая, что в позднем юрском периоде активизировался прогиб Имилорской впадины, что способствовало накопению мощных толщ глинисто-карбонатных осадков баженовской и ачимовской свит. Песчаники ачимовской толщи сформировались в условиях дельтово-шельфового седиментогенеза и стали первой коллекторской толщей на пути вертикальной миграции углеводородов из подстилающей баженовской нефтематеринской формации. Данный геологический контекст объясняет высокую нефтегазоносность объекта и одновременно обуславливает наличие битуминозных прослоев, осложняющих интерпретацию газохимических данных.

Второй раздел «Методика проведения геолого-технологических исследований» включает три подраздела, детализирующих последовательность и физические основы применённых методов. В подразделе 2.1 описаны принципы механического каротажа и расходометрии. Механический каротаж основан на регистрации скорости углубления долота (Vмех, м/ч) или обратной величины – продолжительности бурения 1 м (ДМК, мин/м). Критерием выделения коллектора принято отношение Vколлектора / Vпокрышки > 1,5. Расходометрия реализуется через контроль баланса объёмов бурового раствора в рабочих ёмкостях (V1–V6) и сравнение расходов на входе (Qвх) и выходе (Qвых). Метод фиксирует начальную проницаемость пород за счёт частичного

поглощения раствора в микротрещины или поры. В подразделе 2.2 детально рассмотрена методика газового каротажа. Описана аппаратурная часть: дегазатор центробежного типа, газовоздушная линия (ГВЛ) длиной ~25 м, хроматограф «Хромопласт». Приведён алгоритм расчёта суммарного времени отставания (tотст), включающий время циркуляции в затрубном пространстве (tцирк) по формуле $t_{цирк} = \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot H / (4 \cdot Q)$ и время прохождения газа по ГВЛ ($t_{ГВЛ} \approx 1{,}5–2{,}0$ мин). Для интерпретации компонентного состава (C_1 –C_5) применены два алгоритма: метод ОПУС ($ОПУС_5 = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5)/C_1$) и метод X-Log, рассчитывающий коэффициент влажности $W = (C_3 + C_4 + C_5)/(C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5) \cdot 100\%$, коэффициент баланса $B = (C_1 + C_2)/(C_3 + C_4 + C_5)$ и коэффициент характера $C = C_1 / C_2$. В подразделе 2.3 описана последовательность проведения люминесцентно-битуминологического анализа шлама. Представлены этапы визуально-капельного анализа (оценка битуминозной текстуры, формы и цвета пятна хлороформной вытяжки) и капиллярно-эталонного анализа (разделение компонентов на фильтровальной бумаге, определение типа битумоида по цвету люминесценции: МБ, МСБ, СБ, САБ). Установлены критерии сопоставления типов битумоидов с результатами газового каротажа для верификации характера насыщения.

Третий раздел «Результаты работ» посвящён анализу фактических данных по скважине № 4260 в интервале 3036–3237 м. Обработка технологической диаграммы показала, что снижение объёма бурового раствора в рабочих ёмкостях (расходометрия) было зафиксировано на глубине ~3114 м, что на 6 метров опередило увеличение механической скорости бурения на отметке 3120 м. На глубине 3120 м произошло одновременное проявление всех диагностических признаков: рост Vмех в 1,75 раза (с 20 до 35 м/ч), усиление частичного поглощения (ΔQ = 1,0–1,5 л/с), рост суммарного газосодержания в 5–7 раз (с 0,15% до 1,16%), смена литологии шлама с алевролита на песчаник и переход типа битумоида с 2 БЖ МБ на 3 Ж МСБ. Для количественной оценки

насыщения были рассчитаны коэффициенты ОПУС и X-Log по 76 точкам опробования (шаг 5 м в покрышке, 2 м в продуктивном интервале). В интервале 3120–3194 м зафиксированы устойчивые значения, характерные для нефтенасыщенного коллектора: средний ОПУС составил 8500, средний коэффициент влажности W□ – 31,5 %. Выделены три выраженных пика максимальной концентрации тяжёлых углеводородов на глубинах 3126 м (ОПУС = 11776, W□ = 38,4 %), 3176 м (ОПУС = 16090, W□ = 42,1 %) и 3194 м (ОПУС = 15832, W□ = 41,7 %), где доля C_3 –C_5 достигала 32–36 %. В интервале покрышки (3036–3120 м) на глубинах 3100 и 3105 м зафиксированы локальные аномалии (ОПУС = 720–2375, W□ = 20–22 %), формально соответствующие нефти, но интерпретированные как следствие трещиноватости алевролитов и миграции рассеянного газа. В интервале 3196–3237 м значения ОПУС и W□ оставались высокими (до 25957 и 48 % соответственно), однако данные ЛБА показали тип битумоида 4 К СБ, что характерно для плотных битуминозных аргиллитов, а не для коллектора.

Четвёртый раздел «Обсуждение результатов исследований» посвящён комплексной интерпретации полученных данных и их геологическому осмыслению. На основании сопоставления трёх независимых методов доказано, что пласт Ач6 имеет двухслойное строение с чётко выраженной переходной зоной: верхний нефтенасыщенный интервал (3120–3130 м, мощность 10 м), неоднородная зона с признаками разгазирования (3132–3150 м, мощность 18 м) и основной продуктивный пакет (3152–3194 м, мощность 42 м). Пики насыщения коррелируют с участками наилучших фильтрационно-ёмкостных свойств, что подтверждается максимальной механической скоростью проходки и частичным поглощением раствора в этих интервалах. Особое внимание уделено методологическому аспекту: доказано, что газохимические методы ОПУС и X-Log, несмотря на высокую чувствительность, подвержены влиянию ложных сигналов в неоднородных средах. Локальные аномалии в покрышке обусловлены тектонической трещиноватостью Имилорского прогиба и

вертикальной миграцией лёгких фракций, а высокие газовые коэффициенты в подошве (3196–3237 м) связаны с присутствием рассеянных смолисто-асфальтеновых битумоидов в плотных аргиллитах, дающих устойчивый геохимический отклик при дегазации. Только комплексирование с ЛБА позволило корректно интерпретировать подошву как флюидоупор, а не как продуктивный коллектор. На основе полученных результатов сформулированы рекомендации: приоритетными интервалами для перфорации и интенсификации притока признаны зоны пиков насыщения (3124–3128 м, 3174–3178 м, 3192–3196 м), а также предложено использовать расходометрию как опережающий индикатор при дальнейшем бурении аналогичных скважин в пределах ачимовской свиты.

При этом отмечено важное ограничение исследования: полученные результаты интерпретации ГТИ не были напрямую сопоставлены с данными геофизических исследований скважин (ГИС). Для полной верификации выделенных коллекторов, уточнения границ флюидальных контактов и исключения рисков ложной интерпретации в дальнейшей работе требуется обязательное комплексирование с материалами ГИС, а также корреляция с результатами бурения и опробования соседних скважин месторождения

Заключение. Входе выполнения выпускной квалификационной работы решена важная научно-производственная задача: разработана и апробирована схема комплексной интерпретации данных геолого-технологических исследований для оперативного выделения пласта-коллектора Ач6 и оценки характера его насыщения в процессе бурения наклонно-направленной скважины № 4260 месторождения им. А. Усольцева.

Основные результаты и выводы работы заключаются в следующем:

Установлено, что расходометрия и механический каротаж является наиболее оперативным методом выявления приближения к коллектору: снижение объёма раствора в ёмкостях, увеличение механической скорости в

интервале 3120, сопоставляя с газовым каротажем приход данны на станцию ГТИ опережают более чем на 50 минут.

Момент вскрытия пласта-коллектора Ач6 достоверно зафиксирован на глубине 3120 м по комплексу признаков: рост механической скорости в 1,75 раза, усиление частичного поглощения, увеличение суммарного газосодержания в 5–7 раз и смена типа битумоида на 3 Ж МСБ.

Выявлено двухслойное строение пласта с основным продуктивным интервалом 3152–3194 м (мощность 42 м) и локальными пиками нефтенасыщения на 3126, 3176 и 3194 м, где концентрация тяжёлых углеводородов достигала 32–36 %.

Доказана критическая необходимость верификации газохимических методов данными ЛБА: интервал 3196–3237 м, несмотря на высокие значения ОПУС и W□, интерпретирован как битуминозная подошва (тип 4 К СБ), а не как коллектор.

Разработанная методика комплексирования методов ГТИ позволяет минимизировать геологические риски, исключить ложные аномалии и обосновать интервалы перфорации, что имеет прямую практическую ценность для служб геологического контроля при освоении ачимовских отложений Западной Сибири.

В результате анализа технологических параметров и газохимических данных обоснованы границы вскрытия пласта-коллектора: кровля – 3120 м, подошва – 3194 м (вскрытая мощность по стволу 74 м). Выявлена важная хронологическая закономерность: расходометрия дала опережающий диагностический сигнал на глубине 3114 м, что позволяет заблаговременно подготовить службы геологического контроля к вскрытию коллектора.

По совокупности данных методов ОПУС, X-Log и ЛБА доказано, что интервал 3120–3194 м характеризуется устойчивым нефтяным насыщением

(тип битумоида 3 Ж МСБ). Выделены приоритетные интервалы для перфорации, соответствующие пикам концентрации тяжёлых углеводородов (3126, 3176, 3194 м).

Впервые для данного объекта наглядно продемонстрирована критическая необходимость верификации газовых методов данными ЛБА и литологии, что позволило исключить ошибочную интерпретацию битуминозных аргиллитов подошвы (3198–3237 м) как продуктивного коллектора.

Важным ограничением проведенного исследования является: отсутствие прямого сопоставления полученных результатов интерпретации ГТИ с данными геофизических исследований скважин (ГИС). Методы ГТИ, проводимые в процессе бурения, обладают высокой оперативностью, но могут давать искажённый отклик из-за технологических факторов (разбавление раствора, время циркуляции). Поэтому для полной верификации выделенных интервалов, минимизации рисков ложной интерпретации и окончательного обоснования интервалов перфорации в дальнейшей работе требуется обязательное комплексирование полученных данных с материалами ГИС (индукционный, гамма-каротаж, нейтронные методы), а также корреляция с результатами испытаний и бурения соседних скважин месторождения им. А. Усольцева.

Таким образом, цель квалификационной работы достигнута, задачи решены в полном объеме. Разработанная схема комплексирования методов ГТИ имеет высокую практическую значимость и может быть рекомендована службам геологического контроля для оптимизации проводки и заканчивания скважин в ачимовских отложениях Сургутского свода.