

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

Кафедра геофизики

«Оперативное выделение продуктивных нижнемеловых терригенных
коллекторов в процессе бурения горизонтальной скважины (на примере
скважины 5607 Учебного месторождения)»

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 Геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Локотинова Дениса Алексеевича

Научный руководитель

д.т.н., профессор

В.Ю. Шигаев

подпись, дата

Зав. кафедрой

к. г.- м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2026

Введение. Геолого-технологические исследования (ГТИ) скважин проводятся для контроля технического состояния ствола, литологического расчленения разреза и определения характера насыщения пород. В ходе бурения горизонтальных скважин такие исследования позволяют своевременно получать информацию о вскрываемых интервалах, оперативно выявлять перспективные коллекторы и предупреждать возможные осложнения. Современное оборудование и методики ГТИ дают возможность проводить измерения и анализ непосредственно в процессе проходки, не останавливая буровых работ. Основу представленной выпускной квалификационной работы (ВКР) составляют материалы производственной практики, проходившей в компании ООО «Тюменьгеоспектр» на Учебном месторождении.

Актуальность исследования. Проводка горизонтальных скважин является технически сложной и дорогостоящей процедурой, при этом эффективность их строительства во многом зависит от точности оперативного выделения продуктивных коллекторов. Нижнемеловые терригенные отложения (в частности, сортымская свита Учебного месторождения) нередко характеризуются неоднородным линзовидным строением и сложными коллекторскими свойствами, что требует постоянного геолого-технологического сопровождения. Пренебрежение к проведению ГТИ или их недостаточная информативность могут привести к пропуску продуктивных интервалов, необоснованному спуску обсадных колонн, а также к различным осложнениям и аварийным ситуациям в ходе бурения горизонтального участка.

Комплексное применение методов ГТИ (механического каротажа, газового каротажа и люминесцентно-битуминологического анализа) в процессе бурения горизонтальной скважины повышает вероятность выявления продуктивных горизонтов в нижнемеловых отложениях, даёт возможность избежать аварий и осложнений и тем самым повысить эффективность строительства скважин.

Объект исследования: нижнемеловые терригенные отложения сортымской свиты Учебного месторождения, вскрытые горизонтальной скважиной 5607.

Предмет исследования: комплекс геолого-технологических методов (механический каротаж, газовый каротаж и люминесцентно-битуминологический анализ шлама) для оперативного выделения продуктивных коллекторов в процессе бурения.

Цель работы: Повысить достоверность и оперативность выделения продуктивных нижнемеловых терригенных коллекторов в процессе бурения горизонтальной скважины за счёт комплексирования трёх методов ГТИ (механический каротаж, газовый каротаж и люминесцентно-битуминологический анализ шлама).

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие **задачи:**

1. Охарактеризовать геологические условия района работ (литолого-стратиграфическая характеристика, тектоника, нефтегазоносность продуктивных отложений).

2. Исследовать физико-геологические основы механического каротажа, газового каротажа и люминесцентно-битуминологического анализа шлама и на этой основе обосновать их комплексирование как взаимоувязанной методики оперативного выделения продуктивных коллекторов в процессе бурения горизонтальной скважины.

3. На основе комплекса данных механического каротажа, газового каротажа и люминесцентно-битуминологического анализа шлама, полученных в процессе бурения горизонтальной скважины 5607 в интервале 3965–5857 м, выполнить оперативное выделение продуктивных коллекторов сортымской свиты и подтвердить его достоверность совместной интерпретацией данных трёх методов ГТИ, обеспечившей исключение ложных аномалий.

Структура работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трёх разделов: краткая геологическая характеристика района работ;

физико-геологические основы методов ГТИ, применяемых при бурении скважины 5607; результаты выделения продуктивных коллекторов, заключения, а также списка использованных источников, включающего 29 наименований и двух приложений.

Основное содержание работы. Первый раздел «Краткая геологическая характеристика района работ». Учебное месторождение расположено в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области и относится к разряду крупных. Исследуемая скважина 5607 вскрывает нефтяную залежь.

Разрез осадочного чехла представлен отложениями от юрской до четвертичной системы включительно. Главные промышленно-перспективные горизонты месторождения приурочены к мезозойской части разреза, где залегает продуктивный интервал. Основной объект исследования – сортымская свита нижнего мела (берриас-валанжинский ярус), сложенная переслаиванием песчаников и глин общей мощностью 680–700 м. Песчаники сортымской свиты являются продуктивными коллекторами; флюидоупорами служат баженовские и георгиевские аргиллиты (подстилающие) и тангаловские и покурские глины (перекрывающие).

В тектоническом отношении Учебное месторождение приурочено к локальному сводовому антиклинальному поднятию в пределах Надым-Тазовской синеклизы Западно-Сибирской плиты. Структура осложнена системой разломов субмеридионального простирания, что в сочетании с седиментационными факторами определяет линзовидное строение продуктивных пластов. Скважина 5607 расположена в сводовой части структуры.

Нефть маловязкая (вязкость при пластовых условиях 1,5–3,0 мПа·с), малосернистая (содержание серы менее 0,5 %), малопарафинистая, с газовым фактором 40–70 м³/т, что обеспечивает надёжное выделение коллекторов по газовому каротажу. Попутный газ – метановый с незначительным содержанием этана и пропана. Пластовое давление составляет 33 МПа, температура – 107 °С,

пористость коллекторов варьирует от 11 до 15 %, проницаемость – от 0,2 до 1,5 мД.

Во второй раздел «Физико-геологические основы методов ГТИ, применяемых при бурении скважины 5607». Механический каротаж основан на измерении механической скорости бурения. При прочих равных условиях скорость зависит от литологии пород и их коллекторских свойств: пористые и проницаемые породы (коллекторы) бурятся быстрее, чем плотные глинистые разности.

Газовый каротаж (в процессе бурения) является прямым методом, основанным на анализе содержания и состава углеводородных газов в промывочной жидкости. Газ, выделяющийся из разрушаемой породы на забое, поступает в буровой раствор, выносится на поверхность, улавливается дегазатором и анализируется хроматографом. Временное отставание газа рассчитывается по объёму затрубного пространства и расходу промывочной жидкости.

Люминесцентно-битуминологический анализ (ЛБА) шлама – полуколичественный метод, основанный на способности битуминозных веществ люминесцировать в ультрафиолетовом свете. По цвету и интенсивности свечения капли растворителя на образце породы или хлороформной вытяжки судят о содержании и типе битумоидов (маслянистые, смолистые, асфальтеновые).

Каждый метод имеет ограничения. Механический каротаж не различает природу повышенной скорости (пористость или трещиноватость). Газовый каротаж может искажаться при добавках углеводородов в промывочную жидкость. ЛБА даёт полуколичественную оценку. Комплексирование трёх методов позволяет взаимно компенсировать ограничения каждого и тем самым повысить степень достоверности выделения продуктивных коллекторов.

Третий раздел «Результаты выделения продуктивных коллекторов». По механическому каротажу в интервале 3965–5857 м выделено 20 интервалов песчаников, характеризующихся повышенной механической скоростью

проходки (20–35 м/ч, в отдельных интервалах до 30–35 м/ч). В интервалах покрышки (3840–3965 м) скорость проходки составляла в среднем 10–15 м/ч, что соответствует аргиллитам. Два интервала алевролитов (4765–4780 м и 5285–5290 м) также показали повышенную скорость – до 25 м/ч, однако по литологическому составу эти интервалы не могут рассматриваться как коллекторы. Предположительно, повышенная скорость в них обусловлена тектонической трещиноватостью и локальным окремнением.

По газовому каротажу во всех песчаниковых интервалах, выделенных по механическому каротажу, зафиксировано устойчивое превышение суммарных газопоказаний над фоном покрышки. По степени насыщения коллекторы разделены на две группы:

- с высоким насыщением ($S_{\text{сумм}}$ 5–17 %), включая интервал 4375–4390 м с аномально высокими значениями до 30 % (превышение над фоном покрышки в 635 раз);

- с умеренным насыщением ($S_{\text{сумм}}$ 1–5 %), что составляет большинство выделенных интервалов.

В алевролитовых интервалах 4765–4780 м и 5285–5290 м газовые аномалии слабые: суммарные газопоказания составляют 0,76 – 5%. Это подтверждает неколлекторскую природу этих интервалов, несмотря на повышенную механическую скорость.

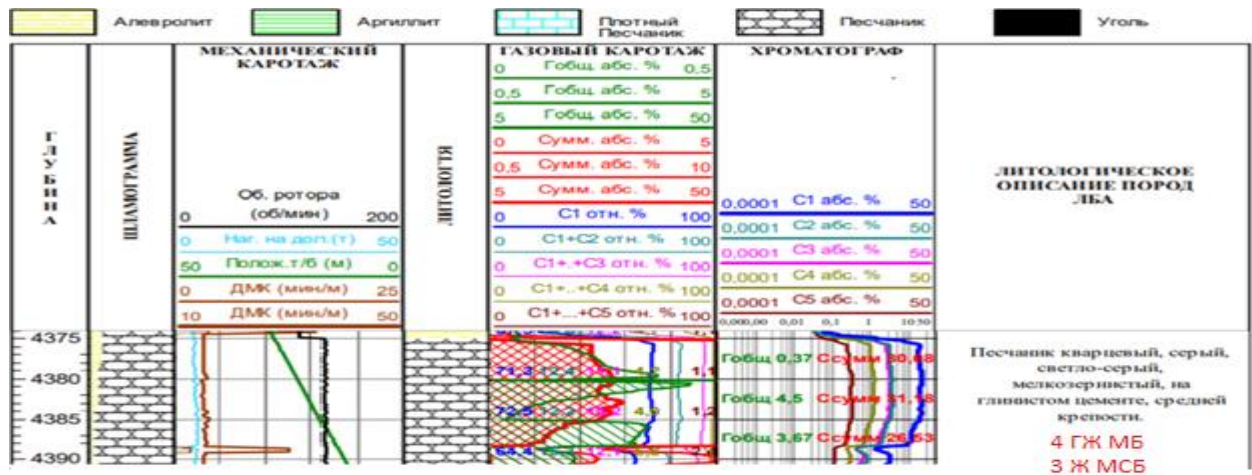
По ЛБА шлама в интервале покрышки (3840–3965 м) люминесценция хлороформных вытяжек составила 3 балла, цвет свечения – голубовато-жёлтый (маслянистые битумоиды), что характерно для рассеянного органического вещества глинистых пород. В продуктивном интервале 3965–5857 м люминесценция достигает 4 баллов (голубовато-жёлтые маслянистые битумоиды) и 3 баллов жёлтого цвета (маслянисто-смолистые битумоиды). Присутствие маслянисто-смолистых битумоидов является диагностическим признаком нефтенасыщенного коллектора. В алевролитовых интервалах 4765–4780 м и 5285–5290 м люминесценция 3 балла маслянисто – смолистые формы, что может свидетельствовать о вторичных процессах (окисление,

биодеградация или смена фазы) внутри залежи. На рисунке 1 приведено сопоставление данных трёх методов для типичного продуктивного песчаника (интервал 4375–4390 м, рис. 1а) и двух ложных аномалий, выявленных в алевролитах (интервалы 4765–4780 м – рис. 1б и 5285–5290 м – рис. 1в).

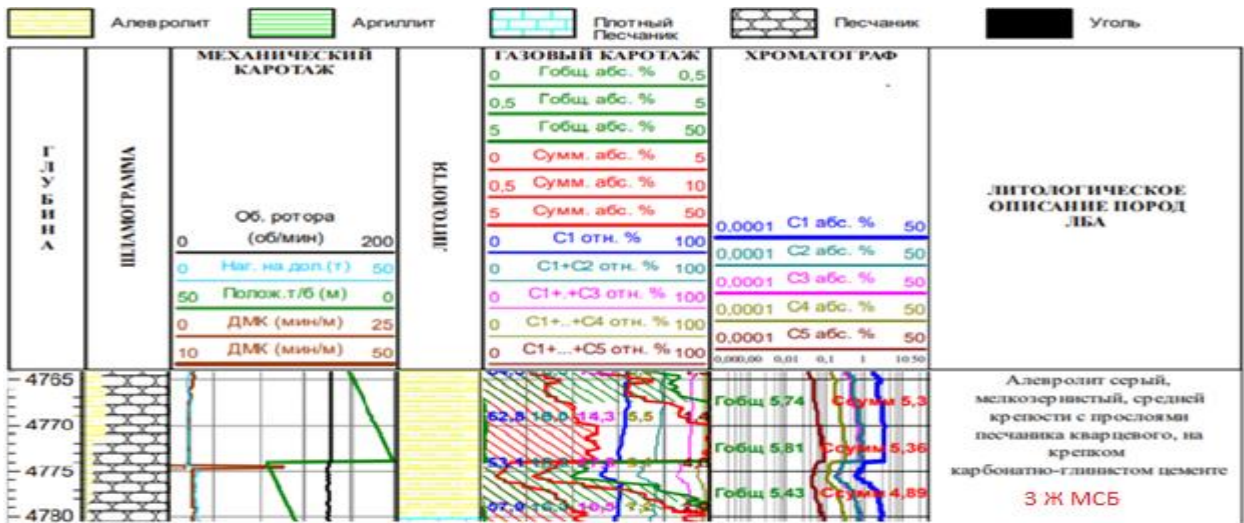
Как видно из рисунка 1, продуктивный коллектор (рис. 1а) характеризуется сочетанием трёх признаков: повышенной механической скоростью (20–35 м/ч), аномальными газопоказаниями (до 30 %) и люминесценцией 3–4 балла с маслянисто-смолистыми битумоидами.

В алевролитовых интервалах 4765–4780 м (рис. 1б) и 5285–5290 м (рис. 1в), напротив, высокая механическая скорость (до 25 м/ч) не сопровождается аномально высокими газопоказаниями. Люминесценция в этих интервалах составляет 3 балла (маслянисто-смолистые формы), что при отсутствии газовых аномалий может свидетельствовать о вторичных процессах внутри залежи, но не о насыщении. Это позволяет отбраковать данные интервалы как ложные аномалии, обусловленные тектонической трещиноватостью и локальным окремнением, а не насыщением.

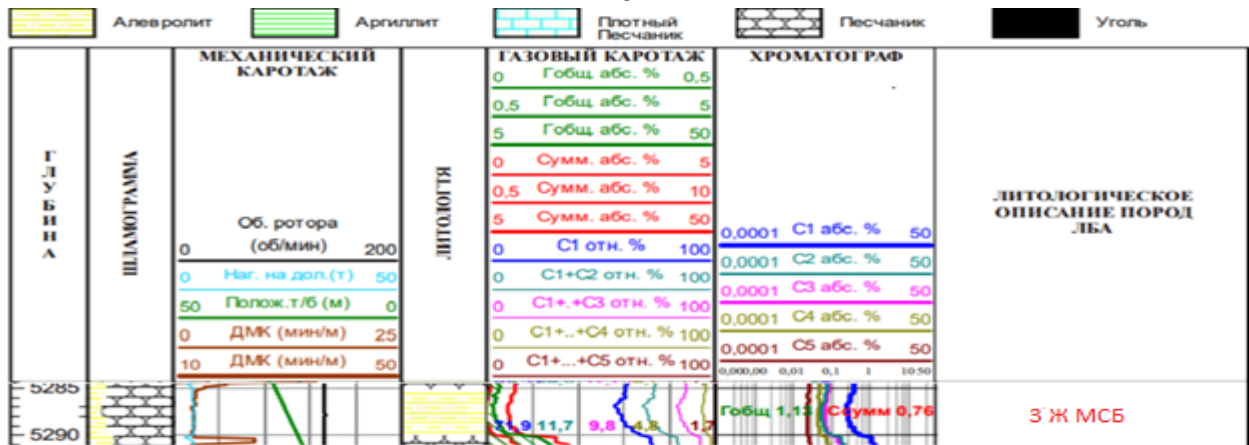
Таким образом, совместная интерпретация трёх методов ГТИ показала высокую степень согласованности. Интервалы песчаников, соответствующие эталонному сочетанию признаков (повышенная механическая скорость, аномальные газопоказания, люминесценция 3–4 балла с маслянисто-смолистыми битумоидами), уверенно выделены как продуктивные коллекторы. Алевролитовые интервалы 4765–4780 м и 5285–5290 м, напротив, отбракованы как ложные аномалии, обусловленные тектонической трещиноватостью. Это позволяет не только оперативно выделить продуктивные коллекторы в процессе бурения, но и надёжно исключить ложные аномалии, что повышает достоверность геолого-технологического сопровождения горизонтального бурения.



а



б



в

Рисунок 1 – Сопоставление данных механического каротажа, газового каротажа и люминесцентно-битуминологического анализа илама при выделении продуктивного коллектора в горизонтальной скважине 5607. Интервал проходки: а – 4375–4390 м; б – 4765–4780 м; в – 5285–5290 м.

Заключение. В ходе выполнения работы на примере горизонтальной скважины 5607 Учебного месторождения обоснован и применён трёхметодный комплекс ГТИ (механический каротаж, газовый каротаж, люминесцентно-битуминологический анализ шлама) для оперативного выделения продуктивных нижнемеловых терригенных коллекторов сортымской свиты в интервале 3965–5857 м.

Применительно к скважинным условиям их применение обеспечило взаимную компенсацию ограничений, свойственных каждому из методов в отдельности. Газовый каротаж, фиксируя нефте-газонасыщение, может искажаться при вводах нефтепродуктов в буровой раствор. Механический каротаж надёжно выделяет интервалы с повышенной скоростью проходки, однако в разрезе скважины 5607 зафиксированы две ложные аномалии в алевролитах (4765–4780 м и 5285–5290 м), где высокая скорость обусловлена не коллекторскими свойствами, а тектонической трещиноватостью и локальным окремнением. ЛБА шлама независимо диагностирует тип битумоидов, но требует комплексирования для однозначной привязки к глубине и интерпретации. Совместная интерпретация трёх методов позволила выделить продуктивные интервалы, характеризующиеся скоростью проходки 20–35 м/ч, превышением суммарных газопоказаний над фоном покрышки и люминесценцией хлороформных вытяжек 3–4 балла с преобладанием маслянистых и маслянисто-смолистых битумоидов, и одновременно исключить указанные ложные аномалии.

Вместе с тем выполненное исследование не лишено ограничений. Механический каротаж, фиксируя скорость проходки, не различает природу повышенных значений: коллекторская пористость, тектоническая трещиноватость, окремнение или смена литологии дают сходный отклик, что без привлечения газового каротажа и ЛБА может вести к ошибочному выделению неколлекторов. Газовый каротаж использовался в объёме суммарных газопоказаний и компонентного состава, без количественной оценки газосодержания пласта по методике, учитывающей коэффициент

разбавления, пластовые давление и температуру. Люминесцентно-битуминологический анализ применялся в полуколичественном варианте, без эталонного и капиллярного анализов для точного определения содержания и группового состава битумоидов. Количественная оценка газосодержания с расчётом коэффициента разбавления и капиллярный анализ ЛБА для точного определения группового состава битумоидов – направления, которые могут усилить предложенный комплекс без изменения его трёхметодной основы.